

Katri Ollikainen

# TEKOÄLYN HYÖDYNTÄMINEN TYÖ- TURVALLISUUSRISKIEN ARVIOINNISSA

Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta  
Diplomityö  
Syyskuu 2019

# TIIVISTELMÄ

Katri Ollikainen: Tekoälyn hyödyntäminen työturvallisuusriskien arvioinnissa  
Diplomityö  
Tampereen yliopisto  
Tuotantotalouden diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma  
Syyskuu 2019

---

Tekoäly voidaan määritellä tietojenkäsittelytieteen osa-alueena, jossa keskitytään suoritettavan tehtävän ja ympäristön kannalta järkevällä tavalla toimivien tietokoneohjelmien kehitykseen. Tekoäly kattaa useita erilaisia tekoälyteknologioita, joista keskeisimpiä ovat koneoppiminen, luonnollisen kielen käsittely, konenäkö, asiantuntijajärjestelmät ja robotiikka. Tekoälyn kohdistuvista suurista odotuksista ja aihepiiriin liittyvien julkaisujen kasvavasta määrästä huolimatta tekoälyn käyttöönottoaste erilaisissa organisaatioissa on vielä suhteellisen alhainen. Tähän perustuen aikaisempi tutkimus tekoälysovellusten käyttöönoton kuvauksesta ja tekoälyn hyödyntämismahdollisuuksista rajatuissa organisaatiokonteksteissa ja toiminnoissa, kuten turvallisuusjohtamisessa, on vähäistä.

Tämän työn tavoitteena oli selvittää, miten työturvallisuutta voidaan kehittää hyödyntämällä tekoälyä riskien arvioinnin tehtävissä ja tarkastella tekoälysovellusten käyttöönottoa työturvallisuusriskien arvioinnissa yksilöiden sekä organisaation näkökulmasta. Kyseessä oli laadullinen tapaustutkimus, jossa tutkimuksen kohteena oli Neste Oyj:n Porvoossa sijaitseva jalostamo. Tutkimuksessa toteutettiin kirjallisuuskatsaus ja empiirinen haastattelututkimus, joka koostui kahdesta puolistrukturoidusta haastattelukierroksesta. Tutkimuksessa muodostettiin Hameed, Counsell et al. (2012) esittelemää IT-innovaation käyttöönottoprosessia mukaillen tekoälysovelluksen käyttöönottoprosessia työturvallisuusriskien arvioinnissa yksilö- ja organisaatiotasolla kuvaava malli.

Tutkimuksessa tunnistettiin organisaation työturvallisuuden kehitystarpeisiin perustuen 10 erilaista työturvallisuusriskien arviointiin soveltuvaa tekoälysovellusta, joilla voidaan tukea ennakoivaa ja joustavaa turvallisuustoimintaa. Tekoälyn tunnistettiin soveltuvan työturvallisuusriskien arvioinnin tehtäviin, kun tekoälysovellus tukee tehokkaasti työntekijöiden työskentelyä jättäen riskeihin liittyvän päätöksentekovastuun työntekijöille. Erityisesti tekoälyn avulla on mahdollisuus puuttua organisaation vielä tiedostamattomiin vaaratilanteisiin kehittämällä reaaliaikaista tilannetietoisuutta jalostamoympäristöstä ja laajentamalla näkemystä turvallisuuskulttuurin nykytilanteesta. Tekoäly koettiin hyödylliseksi työturvallisuusriskien arvioinnissa jalostamoympäristössä niin yksilö- kuin organisaatiotasolla, kunhan varmistetaan riittävä tekoäly-ymmärrys ja tekoälyn käyttökohteen sekä -tavan yhteensopivuus.

Tekoälysovellusten käyttöönottoon organisaatiotasolla vaikuttavat erilaiset tekijät tekoälyn, organisaation, toimintaympäristön ja johtoportaan liittyen. Näiden tekijöiden perusteella tekoälyn käyttöönoton keskeisimmiksi haasteiksi tarkasteltavassa organisaatiossa tunnistettiin digitalisaatioaste turvallisuuden hallintaan liittyvissä tehtävissä, dataresurssit ja datainfrastruktuuri. Organisaatiota rohkaistaankin kehittämään digitalisaatiota jalostamoympäristössä ja omaksumaan strateginen lähestymistapa datan muodostamiseen ja hallintaan. Tekoälyn käyttöönotto voidaan aloittaa kehittämällä ymmärrystä tekoälystä ja sen edellyttämästä datasta, tarkastelemalla lyhyellä tähtäimellä hyödyllisten tekoälysovellusten tarkempia käyttöönoton edellytyksiä, määrittelemällä ja kehittämällä tarvittavaa analyytiikka- ja tekoälyosaamista sekä huolehtimalla tekoälysovellusten käyttäjätasolla hyvin suunnitellusta ja pitkäjänteisestä muutoksenhallinnasta käyttöönottoprosessissa.

Avainsanat: tekoäly, turvallisuusjohtaminen, työturvallisuus, riskien arviointi

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# ABSTRACT

Katri Ollikainen: Utilization of Artificial Intelligence in Occupational Safety Risk Assessment  
Master of Science Thesis  
Tampere University  
Master's Degree Programme in Industrial Engineering and Management  
September 2019

---

Artificial intelligence can be defined as a subfield of computer science that focuses on development of computer programs that are able to function in a rational way considering the task and environment. The main artificial intelligence technologies considered in literature are machine learning, natural language processing, computer vision, expert systems and robotics. Even though there are high expectations for artificial intelligence utilization across different sectors and the amount of publications related to artificial intelligence has increased remarkably, adoption rate of artificial intelligence is still considerably low in different organizations. As a result, earlier studies describing artificial intelligence application adoption and utilization possibilities in well-defined organizational contexts and functions, such as safety management, are in a few.

The purpose of this study was to research how occupational safety can be developed by utilizing artificial intelligence in risk assessment tasks and describe artificial intelligence application adoption in occupational safety risk assessment from an individual and organizational perspective. The conducted study was a qualitative case study that focused on Porvoo refinery, a production facility of Neste Oyj. The research consisted of a literature review and an empirical interview study which included two semi-structured interview rounds. In the study, a model describing artificial intelligence application adoption in occupational safety risk assessment from an individual and organizational perspective was developed. This model was an adaptation of an IT innovation adoption process model presented by Hameed, Counsell et al. (2012).

Based on the organization's occupational safety development needs, ten different artificial intelligence applications were identified in occupational safety risk assessment that support proactive and flexible safety activities. Artificial intelligence was recognized applicable to occupational safety risk assessment tasks if an artificial intelligence application supports effectively employees' working but leaves however the responsibility of risk-related decision making for individual's judgement. Specifically, with artificial intelligence it may be possible to prevent dangerous situations that the organization is not yet aware of by developing real-time situational awareness of the surrounding refinery environment and providing a wider view of the current safety culture. As a result, artificial intelligence was found useful in occupational safety risk assessment in the refinery environment at both individual and organizational level if the organization ensures adequate understanding of artificial intelligence and the fit between artificial intelligence use case and the way artificial intelligence is used.

At an organizational level, different factors related to artificial intelligence, organization, external environment and management were identified to affect artificial intelligence application adoption in occupational safety risk assessment. Based on these factors, the main challenges of artificial intelligence adoption in the organization under study are digitalization rate in safety control tasks, data resources and data infrastructure. Therefore, the organization is encouraged to develop digitalization in the refinery environment further and adopt a strategic approach to forming and handling data resources. To proceed in the adoption of artificial intelligence, the organization should deepen understanding of artificial intelligence and its data requirements, start assessment of artificial intelligence applications feasible in the short-term, define and acquire needed analytics and artificial intelligence expertise and implement well-planned and persistent change management at the user level during the adoption process.

Keywords: artificial intelligence, safety management, occupational safety, risk assessment

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

# ALKUSANAT

Tämän työn tekeminen oli erittäin antoisaa, mutta edellytti myös merkittäviä voimavaroja saavuttaa mahdollisimman laadukas työ suhteellisen lyhyessä ajassa. Vaikka työn palautushetki ei tuntunut koskaan lähestyvän, päivät kuluivat silti lopulta nopeasti. Koska työn aihe oli erittäin kiinnostava, jaksoin panostaa työhön viimeiseen saakka ja koen oppineeni paljon tutkimusprosessin aikana. Tähän diplomityöhön onkin hyvä päättää tuotantotalouden opinnot Tampereen yliopistolla ja siirtyä virallisesti työelämään.

Erityiskiitos työn mahdollistamisesta kuuluu Neste Oyj:lle ja vielä tarkemmin Ari Palmroosille kyseisessä yrityksessä työskentelyn tukemisesta koko prosessin aikana. Myöskin haluan kiittää työtä ohjanneita professoreita Leena Aarikka-Stenroosia ja Jouni Kivistö-Rahnastoa, jotka antoivat arvokasta palautetta työn edetessä. Myöskään työ ei olisi koskaan muotoutunut tämän näköiseksi ellei aikaisempi esimieheni Marsa Laukkoski olisi tukenut minua varhaisessa vaiheessa työn aiheen valitsemisessa. Viimeiseksi haluan kiittää avopuolisoani vahvasta tuesta koko diplomityöprosessin aikana, joka antoi voimia jatkaa työn parissa.

Helsingissä, 10.9.2019

Katri Ollikainen

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
1.1 Tutkimuksen tavoite ja rajaukset .....	3
1.2 Tutkimuksen rakenne .....	4
2. TEKOÄLY .....	6
2.1 Tekoäly käsitteenä ja tieteenalana .....	6
2.2 Koneoppiminen .....	9
2.2.1 Koneoppimisen tyypit .....	10
2.2.2 Syväoppiminen ja neuroverkot .....	11
2.3 Luonnollisen kielen käsittely .....	13
2.4 Konenäkö .....	14
2.5 Asiantuntijajärjestelmä .....	15
2.6 Robotiikka .....	17
3. TYÖTURVALLISUUSRISKIEN ARVIOINTI .....	19
3.1 Riskin ja vaaratilanteen käsitteet työturvallisuudessa .....	19
3.2 Työturvallisuusriskien arvioinnin vaiheet .....	22
3.2.1 Riskien tunnistus .....	23
3.2.2 Riskien suuruuden määrittäminen .....	25
3.2.3 Riskien merkittävyyden arviointi .....	27
3.3 Työturvallisuuden kehittäminen riskien arvioinnin näkökulmasta .....	29
4. VIITEKEHYS TEKOÄLYN HYÖDYNTÄMISEEN TYÖTURVALLISUUSRISKIEN ARVIOINNISSA .....	35
4.1 Tekoälysovellukset riskien arvioinnissa .....	35
4.2 Tekoälyn käyttöönotto .....	39
4.3 Viitekehys tekoälysovelluksen käyttöönottoprosessista .....	47
5. TUTKIMUSMENETELMÄT .....	50
5.1 Tutkimusmetodologia .....	50
5.2 Haastatteluiden toteutus .....	52
5.3 Aineiston analysointi ja analyysin arviointi .....	56
5.4 Tapauskohteen esittely: Neste Oyj .....	57
6. TUTKIMUKSEN TULOKSET .....	62
6.1 Työturvallisuuden kehityskohteet riskien arvioinnin näkökulmasta .....	62
6.2 Tekoälyn hyödyntämismahdollisuudet riskien arvioinnissa .....	69
6.2.1 Tekoälyn käyttökohteet .....	69
6.2.2 Tekoälyteknologiat tunnistetuissa tekoälyn käyttökohteissa .....	74
6.3 Tekoälysovellusten hyödyllisyyden kartoitus eri käyttäjäryhmien näkökulmasta .....	77
6.3.1 Tekoälysovellusten tunnistetut hyödyt .....	78

6.3.2 Tekoälysovellusten hyödyllisyyteen vaikuttavat tekijät .....	86
6.4 Tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavat organisaatiotason tekijät ja käyttöönoton haasteet .....	87
7. TULOSTEN TARKASTELU.....	97
7.1 Työturvallisuuden kehityskohteet riskien arvioinnin näkökulmasta .....	97
7.2 Tekoälyn hyödyntämismahdollisuudet riskien arvioinnissa .....	99
7.3 Tekoälysovellusten hyödyllisyys eri käyttäjäryhmien näkökulmasta ..	102
7.4 Tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavat organisaatiotason tekijät ja käyttöönoton haasteet .....	105
8. PÄÄTELMÄT .....	110
8.1 Keskeisimmät tulokset ja niiden merkitys .....	110
8.2 Tieteellinen kontribuutio .....	112
8.3 Tutkimuksen rajoitukset .....	113
8.4 Jatkotutkimuksen tarve .....	114
LÄHTEET .....	116
LIITE A: TUTKIMUSKYSYMYKSET TEEMOITTAIN .....	127
LIITE B: HAASTATTELURUNKO – ENSIMMÄINEN HAASTATTELUKIERROS ..	130
LIITE C: HAASTATTELURUNKO – TOINEN HAASTATTELUKIERROS .....	132

## KUVALUETTELO

<i>Kuva 1. Tekoälyn ominaisuudet (mukaillen Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 39) .....</i>	<i>8</i>
<i>Kuva 2. Neuroverkon yksinkertainen rakenne (mukaillen Kotsiantis, Zaharakis et al. 2006) .....</i>	<i>13</i>
<i>Kuva 3. Kuvan käsittelyn ja analysoinnin vaiheet (mukaillen Brosnan, Sun 2004, Sun 2000) .....</i>	<i>15</i>
<i>Kuva 4. Asiantuntijajärjestelmän rakenne (mukaillen Bose 1994, Luconi, Malone et al. 1986) .....</i>	<i>16</i>
<i>Kuva 5. Yrityksen keskeiset riskit ja niiden väliset suhteet (mukaillen Mannermaa 2018, s. 115) .....</i>	<i>20</i>
<i>Kuva 6. Erilaisten turvallisuuspoikkeamien jaottelua niiden todennäköisyyden ja seurausten perusteella (mukaillen Rasmussen 1997) .....</i>	<i>21</i>
<i>Kuva 7. Turvallisuusjohtamisen kokonaisuus (mukaillen Työsuojeluhallinto 2010) .....</i>	<i>21</i>
<i>Kuva 8. Riskienhallintaprosessin kuvaus (mukaillen SFS-ISO 31000. 2018) .....</i>	<i>22</i>
<i>Kuva 9. Työntekijän työtehtävässä suoriutumista kuvaava malli (mukaillen Rasmussen 1997) .....</i>	<i>32</i>
<i>Kuva 10. Tutkimuksen viitekehyksenä toimiva kuvaus tekoälysovelluksen käyttöönottoprosessista ja siihen vaikuttavista tekijöistä (mukaillen Hameed, Counsell et al. 2012) .....</i>	<i>47</i>
<i>Kuva 11. Tapaturmataajuus Nesteellä vuosina 2014-2019 (Neste 2019h) .....</i>	<i>59</i>
<i>Kuva 12. Tekoälysovellusten koettuun hyödyllisyyteen vaikuttavat tekijät .....</i>	<i>86</i>
<i>Kuva 13. Tekoälysovellusten jaottelu niiden turvallisuusvaikutuksen ja toteutettavuuden perusteella .....</i>	<i>104</i>
<i>Kuva 14. Tekoälysovelluksen käyttöönottoprosessi työturvallisuusriskien arvioinnissa .....</i>	<i>108</i>

# TAULUKKOLUETTELO

<i>Taulukko 1. Koneoppimisen tekniikoita oppimistyyppin mukaan jaoteltuna.....</i>	<i>10</i>
<i>Taulukko 2. Riskimatriisi (mukaillen Työturvallisuuskeskus 2015, s. 28) .....</i>	<i>27</i>
<i>Taulukko 3. Tekoälyn käyttöönottoon työturvallisuusriskien arvioinnissa vaikuttavat organisaatiotason tekijät.....</i>	<i>48</i>
<i>Taulukko 4. Tutkimuksessa toteutetut haastattelut.....</i>	<i>54</i>
<i>Taulukko 5. Haastatteluissa tunnistetut työturvallisuuden kehityskohteet.....</i>	<i>64</i>
<i>Taulukko 6. Haastatteluissa tunnistetut työturvallisuusriskien arvioinnin tekoälysovellukset.....</i>	<i>75</i>
<i>Taulukko 7. Tekoälysovellusten koettu hyödyllisyys eri käyttäjäryhmien näkökulmasta.....</i>	<i>77</i>
<i>Taulukko 8. Tekoälysovellusten keskeisimmät hyödyt käyttäjäryhmien näkökulmasta.....</i>	<i>78</i>
<i>Taulukko 9. Tekoälyn käyttöönottoon työturvallisuusriskien arvioinnissa vaikuttavien organisaatiotason tekijöiden arviot käyttäjäryhmittäin .....</i>	<i>87</i>
<i>Taulukko 10. Haastatteluissa tunnistetut tekoälyn käyttöönoton haasteet.....</i>	<i>94</i>
<i>Taulukko 11. Työturvallisuusriskien arvioinnin vaiheiden tukeminen tekoälysovelluksilla .....</i>	<i>101</i>
<i>Taulukko 12. Tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavat organisaatiotason tekijät työturvallisuusriskien arvioinnissa .....</i>	<i>105</i>



# 1. JOHDANTO

Keskustelu tekoälystä (*artificial intelligence, AI*) on ollut aktiivista viime vuosina, vaikka kyseessä ei ole oikeastaan uusi ilmiö. Tekoäly tieteenalana on syntynyt vuonna 1956 (Russell, Norvig 2010, s. 17), jonka jälkeen tekoälyn kehityksessä on koettu useita nousu- ja laskusuhdanteita (Li, Du 2017, s. 10). Tällä hetkellä tekoälyn liittyvien julkaisujen määrä on kuitenkin selvässä kasvussa (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 25-26). Taustalla on vaikuttanut erityisesti tietokoneiden prosessointi- ja tallentamiskapasiteetin merkittävä kasvu, joka on luonut edellytyksiä tekoälyn kehitykselle (Duan, Edwards et al. 2019). Tekoälyn hyödyntämisen käytännön esimerkkejä ovat itseohjautuvat autot ja pankkien automatisoidut luottopäätökset.

Tekoäly aiheuttaa muutoksia liiketoiminnassa työskentelytavoissa, prosesseissa ja liiketoimintamalleissa (Bughin, Hazan et al. 2017). Tekoälyn käyttöönotolta odotetaan paljon erilaisissa organisaatioissa niiden koosta, toimialasta sekä sijainnista riippumatta (Ransbotham, Kiron et al. 2017) ja erityisesti kiinnostuksen kohteena on, millaisia mahdollisuuksia tekoäly tuo organisaatioiden kilpailukyvyyn lisäämiseksi. Tästä huolimatta organisaatioiden investointi-innokkuus tekoälyn ei ole ollut odotuksien mukaista (Ransbotham, Kiron et al. 2017, Chui, Malhotra 2018), minkä perusteella tekoälyn käyttöönotto organisaatioissa on vielä suhteellisen vähäistä. Tekoälyä käyttöönettävistä yrityksistä 78 prosenttia kuitenkin koki tekoälyn tuoneen vähintään kohtuullista arvoa liiketoiminnan prosesseihin (Chui, Malhotra 2018), joten tekoälyn kohdistuvien odotuksien voidaan nähdä toteutuneen jo rajatuissa käyttökohteissa. Tekoälyn käyttöönottoon liittyvät liiketoiminnalliset hyödyt perustuvat tekoälyn mahdollisuuteen kehittää organisaatiossa dataan pohjautuvaa päätöksentekoa (Ailisto, Neuvonen et al. 2019, s. 47).

On olennaista pohtia, millaista lähestymistapaa organisaatioiden kannattaisi hyödyntää tekoälyn käyttöönottoon. Tekoäly kattaa useita erilaisia teknologioita, kuten koneoppiminen ja luonnollisen kielen käsittely, jotka edelleen muodostuvat joukosta tekoälytekniikoita. Tekoälyhankkeiden onnistumisen kannalta yrityksen on tärkeää ymmärtää erilaisia tekoälyteknologioita ja niiden ominaispiirteitä tekoälylle soveltuvien käyttökohteiden tunnistamiseksi eri liiketoiminnan alueilla ja sopivien tekoälyteknologioiden valitsemiseksi näihin käyttökohteisiin (Davenport, Ronanki 2018). Tekoälyteknologioiden tunteminen myös edesauttaa tekoälyn yhteensovittamista yrityksen tarpeisiin (Davenport, Ronanki 2018). Kirjallisuudessa on tunnistettu tekoälyn ominaisuuksien lisäksi muiden erilaisten organisaatiotason tekijöiden vaikuttavan tekoälyn hyödyntämiseen menestyksekkäästi. Chui & Malhotra (2018) tuovat esille tekoälyn käyttöönottoa rajoittavan erityisesti tekoälystrategian, osaavan henkilöstön ja tekoälyn sitoutumista osoittavien johtohenkilöiden puuttuminen. Organisaation liiketoimintaprosessien korkea digitaalisuusaste puolestaan on nähty keskeiseksi tekijäksi, joka edesauttaa tekoälyn käyttöönottoa (Chui, Malhotra 2018).

Toisaalta uusien tietoteknisten ratkaisujen käyttäjien näkemysten roolin on kuitenkin laajalti tunnustettu vaikuttavan siihen, kuinka hyvin uusia IT-innovaatioita, kuten tekoälysovelluksia, saadaan integroitua osaksi organisaation toimintaa (Davis, Bagozzi et al. 1989, Moore, Benbasat 1991, Venkatesh 1999, Goodhue, Thompson 1995, Taylor, S., Todd 1995). Tästä syystä tekoälyn käyttöönoton tarkastelussa on huomioitava organisaatiotason tekijöiden lisäksi tekoälysovellusten käyttäjien näkemykset. IT-innovaation todellisen käytön tukemiseksi onkin olennaista ymmärtää näiden kahden analyysitason vuorovaikutteinen suhde käyttöönotossa (Hameed, Counsell et al. 2012). Erilaisia tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavia tekijöitä arvioimalla ja tekoälyn käyttöönottoa organisaatio- ja yksilötasolla tarkastellen voidaan edesauttaa tekoälysovellusten onnistunutta käyttöönottoa tietyssä organisaatiokontekstissa liiketoiminnallisten hyötyjen saavuttamiseksi.

Erilaiset julkaisut ovat pääasiassa tarkastelleet tekoälyn käyttöönottoa laajemmin erilaisissa organisaatioissa ja toimialoilla (Bughin, Hazan et al. 2017, Davenport, Ronanki 2018). Tähän perustuen aikaisempi kirjallisuus tekoälyn hyödyntämisestä ja erityisesti tekoälysovellusten käyttöönoton kuvaamisesta rajatuissa organisaatiokonteksteissa ja toiminnoissa, kuten turvallisuusjohtamisessa, on vielä vähäistä. Vinodkumar & Bhasi (2010) määrittelevät turvallisuusjohtamisen tarkoittavan turvallisuutta varmistavien käytäntöjen, strategioiden, toimenpiteiden ja toimintojen toteutusta sekä seuranta osana yrityksen johtamista. Työturvallisuus on yksi keskeisimpiä turvallisuuden eri osa-alueista ja sillä viitataan työskentelyyn liittyvien olosuhteiden huomiointiin työntekijöiden fyysisen ja psyykkisen terveyden suojelemiseksi ja turvallisen sekä terveellisen työpaikan luomiseksi (SFS-ISO 45001. 2018, Ale, Baksteen et al. 2008).

Hollnagel (2014, s. 5-6) määrittelee turvallisuuden "*dynaamisena ei-tapahtumana*" viitaten turvallisten olosuhteiden saavuttamisen epävarmuuteen ja mittaamisen haasteellisuuteen. Turvallisen ja terveellisen työpaikan luominen edellyttääkin organisaatiolta jatkuvaa pyrkimystä turvallisten työskentelyolosuhteiden ymmärtämiseksi ja varmistamiseksi erilaisin keinoin. Käytännössä siis tietyssä hetkessä saavutettu turvallisuuden taso ei ole pysyvää vaan riippuu organisaation sen hetkisestä suorituskyvystä turvallisuuden hallinnassa (Uusitalo, Heikkilä et al. 2009, s. 6-7). Tähän perustuen turvallisuusjohtamiseen liittyykin olennaisesti jatkuvan parantamisen periaate, jolloin organisaation suorituskkyä pyritään seuraamaan ja kehittämään systemaattisesti (SFS-ISO 45001. 2018). Tällöin työturvallisuuden kehittäminen edellyttää organisaatiolta kykyä myös uusien toimintatapojen pohtimiseen aikaisemman kokemuksen perusteella, mikä voi tarkoittaa esimerkiksi turvallisuudenhallintaa tukevan tietoteknisen ratkaisun käyttöönottoa.

Energiatoimialalla toimivan yrityksen Neste Oyj tarpeena on kartoittaa tekoälyn hyödyntämismahdollisuuksia turvallisuusjohtamisessa työturvallisuuden kehittämiseksi. Turvallisuuden kehittyminen näkyy käytännössä tarkasteltavan toimintoon liittyvän riskitason alenemisena, joten riskin ja turvallisuuden käsitteet liittyvät läheisesti toisiinsa (Hollnagel 2008). Turvallisuusjohtamisen laaja-alaisuuden vuoksi tässä työssä työturvallisuuden kehittämistä tarkastellaan riskien arvioinnin näkökulmasta. Työturvallisuusriskien arvioinnin tavoitteena on mahdollisimman tehokkaasti

poistaa työskentelyyn liittyviä vaaroja ja vähentää työturvallisuus ja -terveysriskejä (SFS-ISO 45001. 2018). Tarkasteltavalla organisaatiolla on tarve kehittää työturvallisuusriskien arvioinnin menetelmiä entistä ennakoivampaan suuntaan, mihin uusilla teknologioilla voi olla mahdollisuus vaikuttaa. Tämän lisäksi tarkasteltavassa organisaatiossa tekoälyn hyödyntämiselle kohdistuu odotuksia työturvallisuuden nykytilanteen ymmärtämisen syventämisestä turvallisuustilastojen taustalla.

## 1.1 Tutkimuksen tavoite ja rajaukset

Työn tavoitteena on selvittää, miten työturvallisuutta voidaan kehittää hyödyntämällä tekoälyä riskien arvioinnin tehtävissä ja tarkastella tekoälysovellusten käyttöönottoa työturvallisuusriskien arvioinnissa yksilöiden sekä organisaation näkökulmasta. Kyseessä on laadullinen tapaus-tutkimus, jossa tutkimuksen kohteena on Neste Oyj:n Porvoossa sijaitseva jalostamo. Kyseisellä jalostamolla valmistaudutaan vuoden 2020 tuotannon suurseisokkiin (*Turnaround 2020*), jonka aikana jalostamolla tehdään lakisääteisiä tarkastuksia sekä kunnossapito- ja rakennustoimia. Tutkimuksessa selvitetään kirjallisuuskatsauksen ja empiirisen haastattelu-tutkimuksen avulla, millaisia tekoälyn hyödyntämismahdollisuuksia riskien arvioinnissa esiintyy ja millaiset tekijät vaikuttavat tekoälysovellusten käyttöönottoon työturvallisuuden riskien arvioinnissa. Tämän perusteella tutkimus jaetaan kahteen eri osioon.

Tutkimuksen ensimmäisessä osiossa tarkastellaan tekoälyn hyödyntämismahdollisuuksia riskien arvioinnin tehtävissä. Tämän toteuttamiseksi tutkimuksessa määritellään tarkasteltavassa organisaatiossa riskien arvioinnin näkökulmasta keskeisimmät työturvallisuuden kehityskohteet, joihin perustuen kartoitetaan tekoälyn hyödyntämismahdollisuuksia työturvallisuusriskien arvioinnissa. Nämä kehityskohteet tunnistetaan haastatteleamalla turvallisuusjohtamisen parissa työskenteleviä asiantuntijoita. Työturvallisuuden kehityskohteiden tunnistaminen edellyttää ymmärrystä työturvallisuusriskien arvioinnin piirteistä turvallisuusjohtamisessa ja työturvallisuuden kehittämisen yleisistä haasteista riskien arvioinnin näkökulmasta, joita tarkastellaan kirjallisuuskatsauksessa. Tutkimuksen ensimmäinen tutkimuskysymys on seuraava:

**TK1:** *Millaisia työturvallisuuden kehityskohteita esiintyy tarkasteltavassa organisaatiossa riskien arvioinnin näkökulmasta?*

Tunnistettujen työturvallisuuden kehityskohteiden perusteella tutkimuksessa selvitetään asiantuntijahaastatteluissa, miten tekoäly soveltuu näihin kehityskohteisiin vastaamiseksi. Tämä toteutetaan tunnistamalla työturvallisuuden kehityskohteisiin liittyviä tekoälyn käyttökohteita ja niihin soveltuvia tekoälyteknologioita, jotka yhdessä määrittävät tutkimuksen toista osiota ohjaavat tekoälysovellukset. Ennen näiden tekoälysovellusten määrittämistä tutkimuksessa kuitenkin kartoitetaan kirjallisuuskatsauksen avulla, millaisia erilaisia teknologioita tekoälyyn liittyy ja niiden toiminnallisuuden ominaispiirteitä. Tutkimuksessa ei tarkastella tekoälysovellusten teknistä toteutusta vaan tunnistettujen käyttökohteiden ja teknologioiden yhteensopivuutta. Tämän yhteensopivuuden arviointia tuetaan kirjallisuuskatsauksella erilaisten tekoälyteknologioiden

soveltumisesta työturvallisuusriskien arviointiin turvallisuusjohtamisen kontekstissa. Tutkimuksen toinen tutkimuskysymys on siis seuraava:

**TK2:** *Miten tekoäly ja eri tekoälyteknologiat soveltuvat riskien arviointiin tunnistetuissa työturvallisuuden kehityskohteissa?*

Tutkimuksen toisessa osiossa tarkastellaan työturvallisuusriskien arviointiin soveltuvien tekoälysovellusten käyttöönottoa organisaation ja sovellusten käyttäjien näkökulmasta. Tämä toteutetaan muodostamalla viitekehys tekoälysovellusten käyttöönottoprosessista ottaen vaikutteita IT-innovaatioiden käyttöönottoon liittyvästä kirjallisuudesta. Tutkimuksen toisessa osiossa arvioidaan ensin tunnistettujen tekoälysovellusten hyödyllisyyttä turvallisuusjohtamisen eri käyttäjäryhmien näkökulmasta muodostaen näkemyksiä tekoälysovellusten käyttöönottoon vaikuttavista tekijöistä yksilötasolla. Tämä edellyttää tekoälyn käyttäjäryhmien tunnistamista turvallisuusjohtamiseen liittyvissä toiminnoissa varmistuen, että hyötyjä tarkastellaan mahdollisimman monesta eri näkökulmasta. Tutkimuksen kolmas tutkimuskysymys on seuraava:

**TK3:** *Kuinka hyödylliseksi työturvallisuusriskien arviointiin soveltuvien tekoälysovellusten käyttöönotto koetaan eri turvallisuusjohtamisen käyttäjäryhmien näkökulmasta?*

Tutkimuksessa muodostetun tekoälysovellusten käyttöönottoprosessia kuvaavan viitekehysten perusteella voidaan tunnistaa erilaisia tekoälysovellusten käyttöönottoon vaikuttavia organisaatiotason tekijöitä, jotka luovat perustan käyttöönottoon liittyvien haasteiden tunnistamiselle työturvallisuusriskien arvioinnin kontekstissa. Näitä erilaisia organisaatiotason tekijöitä ja niiden vaikutuksen luonnetta tekoälysovellusten käyttöönottoon kartoitetaan tekoälyn käyttöönottoon liittyvän kirjallisuuden perusteella. Tutkimuksen neljäs tutkimuskysymys on siis seuraava:

**TK4:** *Millaiset organisaatiotason tekijät vaikuttavat tekoälysovellusten käyttöönottoon ja asettavat haasteita tekoälyn käyttöönotolle työturvallisuusriskien arvioinnissa?*

Tutkimusten tulosten perusteella muodostetaan suosituksia tarkasteltavalle yritykselle työturvallisuusriskien arviointiin liittyvistä tekoälymahdollisuuksista Porvoon jalostamoalueella ja tarjotaan tukea tekoälysovellusten käyttöönottoon. Tuloksilla toivotaan olevan myös laajempaa hyötyä yritykselle mahdollisuutena soveltaa tutkimuksen tuloksia yrityksen muille jalostamoalueille tekoälyn hyödyntämiskohteiden kartoittamiseksi.

## 1.2 Tutkimuksen rakenne

Tutkimuksen rakenne jakautuu kahdeksaan kappaleeseen. Johdannon jälkeen toisessa kappaleessa tarkastellaan tekoälyyn liittyvää teoreettista taustaa. Kappaleessa tutustutaan tekoälyn käsitteeseen ja tieteenalana sekä kuvaillaan keskeisimpiä tekoälyn tutkimuksessa tunnistettuja osa-alueita ja niitä kuvaavia teknologioita. Kappaleen tarkoituksena on muodostaa kokonaiskuva tekoälyn eri teknologioista ja niiden ominaispiirteistä.

Kolmannessa kappaleessa tarkastellaan teoreettista taustaa työturvallisuusriskien arvioinnista turvallisuusjohtamisesta. Kappaleessa luodaan katsaus työturvallisuusriskien arvioinnin kes-

keiseen käsitteistöön ja kuvataan riskien arviointiprosessin eri vaiheita sekä niiden sisältöä. Tämän jälkeen syvennyttään tarkastelemaan kirjallisuutta työturvallisuuden kehittämisen piirteitä riskien arvioinnin näkökulmasta. Kappaleen tarkoituksena on muodostaa ymmärrystä työturvallisuusriskien arvioinnin sisällöstä ja roolista turvallisuusjohtamisessa.

Neljännessä kappaleessa yhdistetään tutkimuksen kaksi laajempaa aihepiiriä keskittyen tekoälyn hyödyntämiseen työturvallisuusriskien arvioinnissa. Kappaleessa kartoitetaan, miten eri tekoälyteknologioita on sovellettu kirjallisuuden perusteella työturvallisuusriskien arviointiin. Tämän perusteella tehdään päätelmiä siitä, miten eri tekoälyteknologiat tukevat riskien arvioinnin eri vaiheita. Lisäksi kappaleessa tutustutaan tekoälyn käyttöönottoon liittyviin vaiheisiin ja muodostetaan käsitteellinen viitekehys tekoälysovelluksen käyttöönottoprosessista työturvallisuusriskien arvioinnissa. Tässä viitekehyksessä huomioidaan tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavia tekijöitä tekoälyä hyödyntävien yksilöiden ja organisaation näkökulmasta ohjaten tutkimuksen toisen osion toteutusta. Kokonaisuudessaan kappaleet 2-4 muodostavat teoreettisen taustan tutkimukselle.

Viidennessä kappaleessa esitellään tutkimuksessa hyödynnetyt tutkimusmenetelmät, tutkimusprosessin kulku haastatteluiden toteutuksessa ja aineiston analyysissä sekä tutkimuksen kohteena oleva yritys. Kuudennessa kappaleessa tarkastellaan tutkimuksessa saavutettuja tuloksia, josta siirrytään tulosten analysointiin ja niiden merkityksen pohdintaan seitsemänteen kappaleeseen. Seitsemännessä kappaleessa tutkimuksen tuloksia tarkastellaan aihepiiriin liittyvän kirjallisuuden valossa tutkimuskysymyksiin vastaamiseksi. Lopuksi kahdeksannessa kappaleessa luodaan päätelmiä tutkimuksen keskeisimmistä tuloksista ja tieteellisestä kontribuutiosta sekä pohditaan tutkimuksen tulosten rajoituksia ja mahdollisen jatkotutkimuksen tarvetta.

## 2. TEKOÄLY

Kirjallisuuden perusteella tekoälyn keskeisimpiä osa-alueita ovat koneoppiminen, luonnollisen kielen käsittely, konenäkö, asiantuntijajärjestelmät ja robotiikka, joihin tutustutaan tarkemmin tässä kappaleessa. Tekoälyn liittyvien keskeisten käsitteiden ja teknologioiden toiminnallisuuden ymmärtäminen on olennaista tutkimuksen aihepiirin tarkastelun kannalta, jotta ymmärretään tekoälyn ominaispiirteitä, mutta myös mahdollisuuksia ja rajoituksia.

### 2.1 Tekoäly käsitteenä ja tieteenalana

Kirjallisuuden perusteella tekoäly on tietojenkäsittelytieteen osa-alue, mutta se yhdistää kuitenkin useita eri tieteenaloja. Ailisto, Heikkilä et al. (2018, s. 6) mukaan tekoälyn tutkimuksessa yhdistyy tietojenkäsittelytieteen lisäksi muun muassa filosofia, kognitio-, kieli- ja neurotieteet, matematiikka, fysiikka sekä insinööritieteet. Tekoälylle ei ole olemassa yhtenäistä määritelmää, mutta tekoälyä on kuvailtu esimerkiksi seuraavasti:

- *“Joukko ihmisen älykkyyttä edustavia käyttäytymismalleja, kuten havainnointi, muisti, tunteiden osoittaminen, päätösten teko, päättely, todentaminen, tunnistaminen, ymmärtäminen, kommunikointi, suunnittelu, ajattelu, opettelu, unohtaminen ja luominen, jotka voidaan keinotekoisesti implementoida koneessa, järjestelmässä tai verkossa”* (Li, Du 2017, s. 1)
- Tutkimusta tehtävän ja ympäristön kannalta järkevällä tavalla toimivien älykkäiden agenttien ymmärtämiseksi ja rakentamiseksi (Russell, Norvig 2010, s. viii, 1)
- *“Koneen kyky oppia kokemuksesta, sopeutua uuteen tietoon ja toteuttaa ihmisen perinteisesti toteuttamia tehtäviä”* (Duan, Edwards et al. 2019)

Mukaillen edellä mainittuja tekoälyn määritelmiä tässä työssä tekoäly määritellään tietojenkäsittelytieteen osa-alueena, jossa keskitytään suoritettavan tehtävän ja ympäristön kannalta järkevällä tavalla toimivien tietokoneohjelmien kehitykseen. Tämä järkevällä tavalla toimiminen viittaa tietokoneohjelman älykkyyteen. Vaikeudet tekoälyn määrittämisessä johtuvat siitä, että yleisesti älykkyyttä on vaikea määritellä (Legg, Hutter 2007). Tekoälyn tutkijoiden keskuudessa on kuitenkin yhteisymmärrys siitä, että älykkyyttä ei voi olla ilman oppimista (Kononenko 2001). Negnevitskyn (2005, s. 2) mukaan älykkyys voidaankin määritellä oppimiseen, ymmärtämiseen, ongelmanratkaisuun ja päätöksentekoon liittyvinä kyvykkyyksinä.

Älykkyyden määrittelemisen haasteeseen on vastattu kehittämällä erilaisia tapoja arvioida koneiden älykkyyttä, joista laajalti tunnetuin on Turingin testi. Brittiläinen matemaatikko Alan Turing esitteli 1950-luvulla kehittämänsä testin, jossa kysytään vuorotellen koneelta ja ihmiseltä kysymyksiä ja vastauksien perusteella päätellään lopulta, mitkä niistä olivat ihmisen ja mitkä koneen vastaamia. Mikäli vastaajaa ei pystytä erottelemaan, kone läpäisee testin. Testi perustui ajatukseen siitä, että mikäli koneen tavat toimia, reagoida ja vuorovaikuttaa muistuttavat ihmistä,

voidaan koneella todeta olevan tietoisuus sekä älykkyyttä. (Li, Du 2017, s. 10.). Älykkyyden mittarina käytetäänkin tyypillisesti ihmisen älykkyyttä.

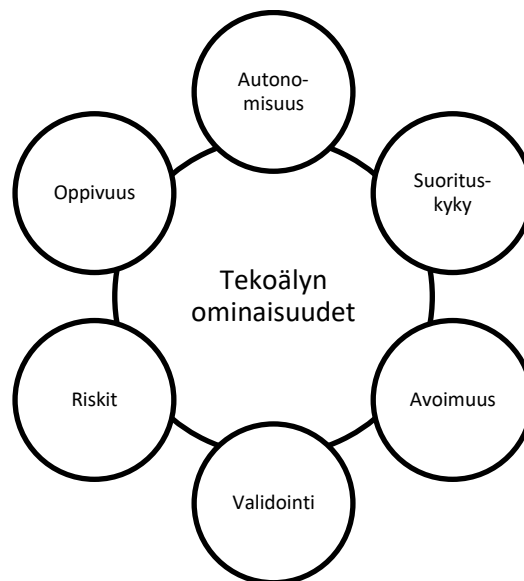
Tähän perustuen tekoälytutkimuksen tavoitteena on selvittää, pystytäänkö koneiden avulla luomaan keinotekoisia älykkyyttä, joka kykenenisi ihmisen perinteisesti haasteelliseksi kokemien ongelmien ratkaisemiseen (Bose 1994). Joissakin tilanteissa koneiden toiminta voi olla verrattavissa ihmisen älykkyyteen, mutta koneiden hyödyntämät keinot kerätä ja käsitellä tietoa, viestiä sekä niiden toimintaympäristöt kuitenkin poikkeavat suuresti ihmisestä (Legg, Hutter 2007). Näkemys siitä, kykenevätkö koneet "oikeasti" ihmisen kaltaiseen ajatteluun vai ainoastaan sen simulointiin, on johtanut filosofien toimesta heikon ja vahvan tekoälyn erotteluun. Tekoälyä sanotaan heikoksi, kun koneiden toiminta vaikuttaa älykkäältä, kun puolestaan vahvaksi tekoälyksi kutsutaan koneen kykyä älykkääseen ajatteluun, tiedostamiseen sekä kokemuksiin ihmisen kaltaisesti. (Russell, Norvig 2010, s. 1020, 1026.)

Tekoälyn tutkimuksessa pyrkimykset ihmisälykkyyden kuvaamiseen on johtanut erilaisten tutkimussuuntausten muodostumiseen (Li, Du 2017, s. 23). Ailisto, Heikkilä et al. (2018, s. 54) tunnistavat tekoälyn tutkimuksessa kolme keskeistä koulukuntaa, jotka ovat symbolismi (*symbolic AI*), konnektionismi (*connectionism*) sekä "kehollistettu" tekoäly (*embodied intelligence*). Kun tietoa käsitellään esimerkiksi logiikan tai sääntöjen avulla, ihmisen ajatteluprosessia kuvataan symbolien avulla (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 54). Symbolinen tekoäly muodosti aikoinaan perustan tekoälytutkimukselle, mutta 1980-luvulta lähtien konnektionismin rooli tutkimuksessa kasvoi neuroverkkojen kehityksen myötä (Li, Du 2017, s. 17, 20). Konnektionismissa ihmismielen toimintoja kuvataan aivoissa toimivien ja toisiinsa kytkeytyneiden neuronien avulla (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 54). Symbolismin ja konnektionismin lisäksi keskeinen tutkimussuunta tekoälyssä on "kehollistettu" tekoäly, jossa älykästä toimintaa kuvataan havainnon ja liikkeen välisen suhteen perusteella (Li, Du 2017, s. 21). Tällöin koneen ollessa vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa älykästä toimintaa muodostuu sensoreiden ja aktuaattoreiden muodostamis- sa silmukoissa (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 54). Tutkimus keskittyi varhaisessa vaiheessa ihmisen käyttäytymisen sekä kontrolliprosessien toimintojen tutkimiseen, kunnes robotiikan kehitys 1980-luvulla vahvisti "kehollistetun" tekoälyn roolia tekoälyn tutkimuksessa (Li, Du 2017, s. 22).

Tekoälyn koulukuntien lisäksi tekoälyn kehitystä on tarkasteltu erilaisten kehityssuuntien avulla. Launchbury (2017) esittelee DARPA-organisaation määrittelyn mukaisesti tekoälyn tutkimuksen koostuvan kolmesta eri kehitysaallosta, jotka ovat kuvaileva, luokitteleva ja selittävä. Ensimmäinen, kuvaileva kehitysaalto perustui "käsintehtyyn" tietämykseen, jolloin tekoäly kykeni päättelyyn rajatuissa kohteissa koneelle luotujen sääntöjen perusteella. Oppiminen ja epävarmuuden käsittely oli kuitenkin heikkoa tai olematonta. (Launchbury 2017.) Tämä kehitysaalto viittaa symbolisen tekoälyn koulukuntaan. Toisessa, luokittelevassa kehitysaallossa tekoälyn opettamisessa hyödynnettiin tilastollisia malleja ja suuria datamääriä rajatuissa käyttökohteissa, jolloin tekoälyn päättelykyky heikentyi, mutta luokitteluun ja ennustamiseen liittyvät kyvyt kehittyivät (Launchbury 2017). Tähän kehitysaaltoon liittyy olennaisesti koneoppiminen ja

neuroverkot, jolloin luokitteleva kehitysaalto viittaa konnektionismin koulukuntaan. Kolmas, selittävä kehitysaalto edustaa tekoälyn tulevaisuutta perustuen tilanteisiin sopeutumiseen (Launchbury 2017). Tällöin tekoäly muodostaa tietynlaiseen kontekstiin sidottuja päätöksentekoa kuvaavia malleja, jolloin kyky havainnoida, oppia, päätellä sekä käsitellä epävarmuutta ovat parempia aikaisempiin kehitysaaltoihin verrattuna (Launchbury 2017).

Tekoälyn tutkimussuuntauksiin perustuen tekoälyteknologioita voidaan Ailisto, Heikkilä et al. (2018, s. 39) mukaan kuvata erilaisten ominaisuuksien avulla, jotka esitellään kuvassa 1. Nämä ominaisuudet voidaan jakaa valmiisiin teknologioihin liitettäviin ominaisuuksiin sekä tekoälyn kehityksessä huomioitaviin tekijöihin (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 39).



**Kuva 1.** *Tekoälyn ominaisuudet (mukaillen Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 39)*

Tekoälyn suhteen valmiin teknologian ominaisuuksia ovat autonomisuus, kyky oppia sekä suorituskyky. Autonomisuudella viitataan tekoälyn itsenäisen päättelyn tasoon, jolloin vähäinen autonomisuuden taso näkyy töiden automatisaationa ja korkea autonomisuus itsenäisenä päätöksentekona. Nykyiset tekoälysovellukset eivät vielä edusta korkeaa autonomisuutta, koska ne tyypillisesti oppivat ihmisen avustamana opetetun aineiston perusteella. Tekoälyn oppivuudella tarkoitetaan kykyä oppia ilman ennalta ohjelmoituja sääntöjä, sillä ohjelmoinnilla voidaan huomioida kaikki tekoälysovelluksen mahdollisesti kohtaamat tilanteet vain hyvin rajatussa käyttökohteessa. Tekoälysovellusten oppivuus on kehittynyt koneoppimisen tekniikoiden myötä, mutta saavutettu kyky oppia riippuu käytetystä oppimistyyppistä, joista keskustellaan tarkemmin kappaleessa 2.2.1. Tekoälyn suorituskyvystä puhuttaessa verrataan tekoälyn suoriutumista tyypillisesti ihmisen suorituskykyyn ja erityisesti kiinnostus kohdistuu siihen, millaisissa tehtävissä tekoälyn suorituskyky saavuttaa ihmisen tason. Nykyiset tekoälysovellukset suoriutuvat tietyissä kapea-alaisissa tehtävissä, kuten pelien pelaaminen, ihmiseen verrattuna hyvin, mutta ihmiselle tyypillisen laajemman päättelykyvyn saavuttaminen on tekoälylle vielä haasteellista. (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 40-42.)



Tekoälyn kehityksessä huomioitavia tekijöitä ovat avoimuus, riskit ja validointi, jotka tekoälyn hyödyntämisen kannalta on tärkeää tiedostaa. Avoimuudella tarkoitetaan tekoälyn toimintalogiikan läpinäkyvyyttä ja ennakoitavuutta sekä tekoälyn kehittämiseen liittyvien menetelmien ja lähdekoodin avoimuutta. Tekoälyn käyttöön liittyy myös erilaisia riskejä tekoälyn käyttötavasta ja -kohteesta riippuen, jolloin tekoälyn toimintaan liittyviä riskejä on arvioitava erityisesti turvallisuuden, yksityisyyden, tietoturvan, hallittavuuden ja läpinäkyvyyden näkökulmasta. Toisaalta tekoälysovelluksien kehityksessä on niiden toimivuutta pystyttävä lopulta arvioimaan sopivilla mittareilla, jolloin puhutaan tekoälyn tulosten validoinnista. (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 40, 42-43.)

## 2.2 Koneoppiminen

Jotta tekoäly kykenisi tehokkaaseen tehtävien suorittamiseen ihmisen kaltaisesti, on sen hyödynnettävä ongelmanratkaisua näissä tehtävissä. Tyypillisesti ongelmanratkaisuun liittyy tiedon tarve ratkaisun löytämiseksi, jolloin suoritettava tehtävä voidaan muotoilla tiedonhakuongelmaksi. Tekoälyn yhteydessä puhutaan erilaista hakualgoritmeista, joita voidaan soveltaa monimutkaisten ongelmien ratkaisuun. Kyseiset hakualgoritmit hyödyntävät syötteenä määriteltä ongelmaa, etsivät ratkaisuksi sopivan toimintoketjun ja toteuttavat sen ongelman ratkaisemiseksi (Russell, Norvig 2010, s. 66). Hakualgoritmin toimintaan liittyy keskeisesti hakupuun rakentaminen käymällä läpi ongelmanratkaisussa eri vaihtoehtoja ja niiden seurauksia siten, että ongelman alkutilanne on puun juurena (Russell, Norvig 2010, s. 75). Tiedonhaku käymällä kaikki erilaiset ratkaisuvaihtoehdot läpi on kuitenkin tehotonta ilman tiedonhaun ohjaamista oikeaan suuntaan (Minsky 1961). Tällöin hakupuun rakentamiseen liittyy erilaisia hakustrategioita (Russell, Norvig 2010, s. 75). Kun hakustrategiassa hyödynnetään tiedonhakua ohjaavaa tietoa esimerkiksi aikaisemman kokemuksen perusteella, puhutaan tietoisesta (*informed*) tai heuristisesta hakustrategiasta, kun puolestaan ongelman määritelmän perustuvaa hakua tiedostamattomaksi (*uninformed*) hakustrategiaksi (Russell, Norvig 2010, s. 81).

Ongelmanratkaisu edellyttää siis algoritmin hyödyntämistä, mutta jokaiseen tehtävään ei valmista algoritmia ole olemassa vaan se täytyy oppia. Näissä tilanteissa voidaan hyödyntää saatavilla olevaa dataa algoritmin johtamiseksi, jolloin muodostetaan data-analyysin kannalta tarpeeksi tarkka arvio tehtävän taustalla olevan prosessin kulusta löytämällä tietynlaisia toistuvia kaavoja datasta (Alpaydin 2014, s. 2). Näissä tilanteissa puhutaan koneoppimisesta (*machine learning, ML*), joka on tekoälyn keskeisin osa-alue. Koneoppiminen tarkoittaa tietokoneohjelmien kykyä oppia kokemuksen perusteella tietynlaista tehtävää suorittaessa paremman suorituskyvyn saavuttamiseksi (Jordan, Mitchell 2015, Negnevitsky 2005, s. 165). Käytännössä tämä oppiminen tarkoittaa algoritmin sisäisten parametrien säätämistä annettuun dataan perustuen, mikä mahdollistaa uusien datanäytteiden luokittelun tai ennusteen tekemisen tietyn suureen arvosta (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 14). Tähän parametrien määrittelyyn liittyy kuitenkin epävarmuutta erityisesti hyödynnetyistä datasta riippuen, mikä vaikuttaa koneoppimissovelluksen tulosten tarkkuuteen (Ghahramani 2015).

Koneoppimista on hyödynnetty muun muassa objektien tunnistamiseen kuvista, puheen tunnistamiseen ja hakutulosten suodattamiseen (LeCun, Bengio et al. 2015). Koneoppimista voidaan siis hyödyntää datan analysointiin, jonka Ailisto, Heikkilä et al. (2018, s. 8) määrittelee prosessiksi, jonka ”*tarkoituksena on jalostaa dataa korkeamman tason tiedoksi hyödyllisten johtopäätösten tekemiseksi*”. Data-analytiikkaan liittyy läheisesti käsitteet big data ja tiedon louhinta (*data mining*). Chen, Chiang et al. (2012) määrittelee big data -käsitteen tarkoittavan suuria ja monimutkaisia datamassoja, joiden käsittely edellyttää tehokkaita ja ainutlaatuisia teknologioita. Kun algoritmeja sovelletaan näiden suurten datamassojen käsittelyyn kiinnostavien toistuvien kaavojen tunnistamiseksi, puhutaan tiedon louhinnasta. Koneoppimisen algoritmit toimivat siis työkaluina tiedon louhinnan toteuttamiseksi. (Fayyad, Piatetsky-Shapiro et al. 1996.). Kirjallisuudessa viitataan koneoppimiseen usein tiedon louhinnan tekniikoina.

## 2.2.1 Koneoppimisen tyypit

Koneoppimiseen liittyy paljon erilaisia tekniikoita. Näitä tekniikoita voidaan jaotella erilaisiin kategorioihin hyödynnetyn oppimistyyppin tai algoritmien toiminnallisuuden ja rakenteen samankaltaisuuksien perusteella (Jiang, Zhang et al. 2017). Ailisto, Heikkilä et al. (2018, s. 47-49) jakaa monien muiden julkaisujen tavoin koneoppimisen tekniikoita oppimistyyppin perusteella siten, onko oppiminen ohjattua (*supervised*), ohjaamatonta (*unsupervised*) vai vahvistettua (*reinforcement*). Taulukossa 1 esitellään, miten yleisimpiä koneoppimisen tekniikoita voidaan jaotella oppimistyyppin mukaan.

**Taulukko 1.** Koneoppimisen tekniikoita oppimistyyppin mukaan jaoteltuna

Oppimisen tyyppi	Oppimis-ongelma	Koneoppimistekniikka	Lähde
Ohjattu oppiminen	Luokittelu, regressio	Tukivektorikone ( <i>Support vector machine</i> )	(Qiu, Wu et al. 2016, Kotsiantis 2007)
		Regressiomallit	
		k-lähimmän naapurin luokitin ( <i>k-nearest neighbour</i> )	
		Bayesin verkot ( <i>Bayesian networks</i> )	
		Sääntöperusteinen luokitin ( <i>Rule-based classifier</i> )	
		Päätöspuut	
Ohjaamaton oppiminen	Klusterointi	Yksikerroksiset perseptronit ( <i>Single layered perceptrons</i> )	(Qiu, Wu et al. 2016, Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 15)
		Neuroverkot	
		K-means klusterointi ( <i>k-means clustering</i> )	
		Gaussin sekoitemallit ( <i>Gaussian mixture models</i> )	
		Latenttien muuttujien mallit ( <i>Latent variable models</i> )	
Vahvistus-oppiminen	Päätöksen-teko	Neuroverkot	(Kober, Bagnell et al. 2013, Qiu, Wu et al. 2016)
		Monte Carlo -menetelmät	
		Aikaeromenetelmät ( <i>Temporal-difference methods</i> )	
		Dynaamisen ohjelmoinnin menetelmät ( <i>Dynamic programming-based methods</i> )	

Ohjatussa oppimisessa algoritmi hyödyntää merkittyjä datanäytteitä opetusdatana, jolloin tarkoituksena on oppia luomaan yhteys datan syötteiden ja tulosteiden välillä hyödyntäen merkit-

tyjä datanäytteitä oikeista syötteiden ja tulosten yhdistelmästä. Oppimisen perusteella algoritmi luo hypoteesin opetusdataan perustuvasta mallista eli algoritmin parametreista, joita arvioidaan hyödyntämällä algoritmilta tuntematonta testidataa opetusdatan jälkeen (Russell, Norvig 2010, s. 695-696). Mikäli algoritmi kykenee käsittelemään testidataa riittävällä tarkkuudella, on algoritmi onnistunut kehittämään dataa kuvaavan mallin. Ohjattua oppimista hyödynnetään tyypillisesti luokitteluun ja regressioon liittyvissä oppimisongelmissa (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 47). Luokittelussa dataa luokitellaan ennalta määriteltuihin luokkiin, joka käytännössä voi tarkoittaa esimerkiksi sähköpostin roskapostiviestien tunnistamista (Murphy 2012, s. 3, 5). Regressio tarkoittaa puolestaan reaalimuuttujan kehityksen ennustamista, esimerkiksi osakehinnan ennustamista markkinatilanteen perusteella (Murphy 2012, s. 8-9). Ohjattua oppimista voidaan kutsua tehtävään perustuvaksi oppimiseksi (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 47) ja se on kaikista tyypillisimmin hyödynnetty oppimistyyppi koneoppimisessa (LeCun, Bengio et al. 2015).

Ohjaamaton oppiminen perustuu yhteyksien löytämiseen annetussa datassa ilman erillistä opetusdataa, jolloin puhutaan dataperusteisesta oppimisesta (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 48). Tällöin algoritmilta ei ole määritelty etukäteen, millaisia piirteitä datasta pitäisi löytää, jolloin toisaalta algoritmin tekemien virheiden huomaaminen ei ole yhtä yksinkertaista kuin ohjatussa oppimisessa opetus- ja testidataa hyödyntämällä (Murphy 2012, s. 2). Ohjaamaton oppiminen kuvastaa enemmän ihmiselle tyypillistä oppimistapaa eikä edellytä manuaalista opetusdatan muodostamista, jolloin se soveltuu laajemmin erilaisiin käyttökohteisiin (Murphy 2012, s. 9-10). Ohjattua oppimisongelmaa edustaa tyypillisesti klusterointi, jolloin datasta etsitään samankaltaisuuksia ryhmittymien eli klustereiden tunnistamiseksi (Russell, Norvig 2010, s. 695). Klusterointi voi käytännössä tarkoittaa esimerkiksi erilaisten asiakasryhmien tunnistamista ostohistorian ja muiden asiakastietojen perusteella (Murphy 2012, s. 11).

Joskus tietynlainen tehtävä, kuten pelin pelaaminen, koostuu useiden toimintojen sarjasta, jolloin on pystyttävä määrittämään oikea toimintosarja tietyn lopputuloksen saavuttamiseksi. Vahvistusoppimista hyödyntävä koneoppimistekniikka kykenee arvioimaan sopivia toimintosarjoja ja tekemään suosituksia toiminnasta epävarmassa ympäristössä. (Alpaydin 2014, s. 13.). Tämä perustuu ympäristöstä saatavaan ”palkitsemiseen”, jonka perusteella algoritmin toimintaa ohjataan löytämään tehtävän kannalta optimaalinen toimintosarja (Russell, Norvig 2010, s. 830). Tämän perusteella vahvistusoppimista voidaan kutsua vuorovaikutukseen perustuvaksi oppimiseksi (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 47).

## 2.2.2 Syväoppiminen ja neuroverkot

Syväoppiminen (*deep learning*) on koneoppimisen osa-alue. Syväoppiminen keskittyy algoritmien kehitykseen, jotka esittävät tietoa ihmisen aivojen muistuttavalla tavalla hyödyntämällä hierarkista oppimista (Najafabadi, Villanustre et al. 2015). Syväoppimisen algoritmeja voidaan hyödyntää monimutkaisempien tehtävien oppimiseen ja suurien datamäärien käsittelyyn (LeCun, Bengio et al. 2015). Syväoppimisella pystytäänkin tunnistamaan monimutkaisia ja epälineaarisia

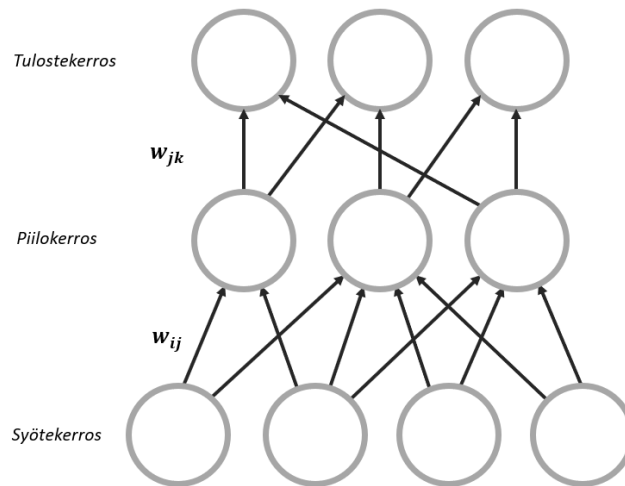
kaavoja suurissa datamäärissä tehokkaammin kuin aikaisemmilla koneoppimistekniikoilla (Najafabadi, Villanustre et al. 2015).

Perinteisten koneoppimisen algoritmien hyödyntämiseen liittyy rajoitteita, jotka ovat luoneet perustan syväoppimisen kehitykselle. Koneoppimisen tehokas hyödyntäminen edellyttää aikaa vievää datan esikäsittelyä, jolloin ihminen muuntaa raakadatan algoritmilta korostamalla tietynlaisia piirteitä datassa (Bengio, Courville et al. 2013). Jotta koneoppimisen hyödyntäminen ei olisi yhtä riippuvaista ihmisen tekemästä datan käsittelystä, on kehitetty syväoppimiseen perustuvia menetelmiä. Syväoppimiseen perustuvat algoritmit kykenevät käsittelemään ja automaattisesti löytämään piirteitä raakadatasta, jolloin dataa käsitellään useiden eri hierarkkisten kerrosten kautta tarkentaen datan esitystä jokaisessa kerroksessa (LeCun, Bengio et al. 2015). Tämän jälkeen datasta voidaan tunnistaa tai luokitella toistuvia kaavoja. Syväoppimisen algoritmeja voidaan hyödyntää ohjaamattomaan ja ohjattuun oppimiseen. (LeCun, Bengio et al. 2015.)

Syväoppimisen sovellukset hyödyntävät tyypillisesti neuroverkkoja (LeCun, Bengio et al. 2015) ja syväoppimiseen perustuvia neuroverkkoja eli syväoppivia tai syviä neuroverkkoja on menestyksekkäästi hyödynnetty esimerkiksi konenäössä ja luonnollisessa puheen käsittelyssä (LeCun, Bengio et al. 2015). Neuroverkoista (*artificial neural networks, ANN*) puhutaan, kun dataa käsitellään useiden toisiinsa kytkeytyneiden neuronien avulla ihmisen hermoston kaltaisesti (Negnevitsky 2005, s. 166). Neurotieteen rooli tekoälyn tutkimuksessa on korostunut, kun ihmisen älykkyyttä on jäljitelty yhä monimutkaisempien tehtävien ratkaisemiseksi tekoälyn keinoin. Tästä syystä neuroverkot nostetaan joskus yhdeksi tekoälyn osa-alueista, mutta edustavat kuitenkin koneoppimisen tekniikoita.

Neuroverkko koostuu siis useista neuroneista, jotka ovat yksinkertaisia toisiinsa kytköksissä olevia prosessoreita. Näiden keinotekoisien neuronien rakenne mukailee biologista neuronia, jossa viesti kulkee tuojahaarakkeesta neuronin keskusosan eli sooman kautta tuojahaarakkeen välityksellä seuraavaan neuroniin. Neuroverkossa vastaavasti jokainen neuroni muuntaa data-syötteitä aktivointifunktion avulla tulosteeksi perustuen neuronien välisten yhteyksien painoarvoihin. Neuroverkon oppiminen perustuu näiden painoarvojen määrittämiseen annettuun dataan perustuen. Neuronin muodostama tuloste välitetään edelleen toisiin neuroneihin tai soveltuu ratkaisuksi tietynlaiseen ongelmaan. (Negnevitsky 2005, s. 167-169.)

Neuroverkoissa on tyypillisesti syötekerros (*input layer*), tulostekerros (*output layer*) ja näiden välissä vähintään yksi piilokerros (*hidden layer*), joissa olevat neuronit ovat yhteydessä toisiinsa painoarvojen mukaisesti (Kotsiantis, Zaharakis et al. 2006). Kuvassa 2 esitellään esimerkki neuroverkon yksinkertaisesta rakenteesta.



**Kuva 2.** Neuroverkon yksinkertainen rakenne (mukaillen Kotsiantis, Zaharakis et al. 2006)

Neuroverkkojen hyödyntäminen voi käytännössä tarkoittaa pitkiä laskennallisten vaiheiden muodostamia iteratiivisia ketjuja, mutta tämä riippuu neuroneiden välisistä yhteyksistä ja suoritettavasta tehtävästä (Schmidhuber 2015). Piilokerrosten ja niissä olevien neuronien määrä vaikuttaakin olennaisesti neuroverkkojen hyödyntämiseen perustuvan tekoälysovelluksen oppimisen syvyyteen ja sitä kautta tarkkuuteen (Chen, C. L. P., Zhang 2014). Yksinkertaisissa neuroverkoissa on tyypillisesti kolme kerrosta, mutta uudemmissa, syväoppimiseen perustuvissa neuroverkoissa on usein kymmenen tai useampia kerroksia (Bauer, Richter et al. 2017). Neuroverkon arkkitehtuuri neuronien määrä ja niiden välisten yhteyksien suhde on määriteltävä käyttökohteen perusteella, jonka jälkeen valitaan neuroverkon opettamisessa käytettävä algoritmi (Negnevitsky 2005, s. 168).

Vaikka neuroverkkoja ja erityisesti syväoppivia neuroverkkoja hyödyntämällä on kehitetty tekoälysovellusten suorituskkyä, liittyy niiden hyödyntämiseen haasteita. Neuroverkkojen haasteina ovat suuri laskentatehon ja energian käyttö sekä tietyn tulosteen taustalla olevan päättelylogiikan ymmärtäminen. Koska neuroverkot edustavat datapohjaisia menetelmiä eli ne sopeutuvat annettuun dataan, ovat ne myös herkkiä muutoksille ja virheille datasyötteissä. (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 16.)

## 2.3 Luonnollisen kielen käsittely

Ihmisen puhe tai tuottama teksti tietyllä kielellä ei ole suoraan koneen käsiteltävissä, mikä aiheuttaa haasteen kielen ymmärtämiseksi ja tuottamiseksi koneiden avulla. Luonnollisen kielen käsittelyyn (*natural language processing, NLP*) liittyvä tutkimus alkoi 1950-luvulla. (Cambria, White 2014.) Luonnollisen kielen käsittelyllä viitataan ihmisten käyttämien kielten oppimiseen, ymmärtämiseen ja tuottamiseen liittyviin erilaisiin tekniikoihin. Näiden tekniikoiden kehitystä ovat edesauttaneet tietokoneiden laskentatehon ja datamäärien kasvu sekä koneoppimisen ja kieli-tieteiden kehitys. (Hirschberg, Manning 2015.)

Luonnollisen kielen käsittely voidaan jakaa neljään eri osa-alueeseen, jotka ovat puhesynteesi, automaattinen tekstin ja puheen kääntäminen, puheentunnistus sekä tekstin tunnistus ja älykäs tekstinsyöttö (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 11-12). Erityisesti tekstin tunnistukseen ja sen sisällön analysointiin luonnollisen kielen käsittelyn tekniikoilla viitataan tyypillisesti tekstin louhintana (*text mining*) tai tekstianalytiikkana (Chen, H., Chiang et al. 2012). Luonnollisen kielen käsittelyn tekniikoista on hyötyä laajemmin yhteiskunnalle ihmisen ja koneen välisen viestinnän mahdollistamisen lisäksi esimerkiksi kokoamalla tietynlaiseen aihepiiriin liittyvää tietoa koneellisesti lukemalla aihepiiristä kirjoitettuja julkaisuja, mutta myös yksittäisten ihmisten välisessä viestinnässä esimerkiksi koneen tekemän käännöksen avulla (Hirschberg, Manning 2015). Konkreettinen nykypäivän esimerkki luonnollisen kielen käsittelystä on monelle varmasti tutuksi tulleet älypuhelimien henkilökohtaiset assistentit, jotka avustavat käyttäjää eri tehtävissä puheen perusteella. Nämä assistentit edustavat puhutun dialogin järjestelmiä, joiden toiminta edellyttää automaattista puheen tunnistusta, dialogin hallintaa ja tekstin muuntamista puheeksi ihmisen avustamiseksi (Hirschberg, Manning 2015).

Luonnollisen kielen käsittelyn tekniikoissa on siirrytty sääntöpohjaisista malleista koneoppimisen tekniikoihin ja erityisesti viimeisimmissä luonnollisen kielen käsittelyn sovelluksissa on hyödynnetty neuroverkkoja (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 11). Luonnollisen kielen käsittelyn tutkimuksessa keskityttiin pitkään lauserakenteen analyysiin tekstin tunnistamisessa, jolloin tekstin merkityksen ymmärtäminen jäi heikoksi (Hirschberg, Manning 2015, Cambria, White 2014). Kehittämällä edelleen tekniikoita, jotka kykenevät matkimaan ihmisen tapaa käsitellä kieliä, on mahdollisuus ylittää aikaisempien tekniikoiden kognitiiviset puutteet (Cambria, White 2014). Koneoppimisen menetelmillä, erityisesti syväoppivilla neuroverkoilla, pystytään jo tunnistamaan lauserakenteita sekä semanttista ja keskustelun kontekstiin liittyvää tietoa (Hirschberg, Manning 2015). Tällä hetkellä luonnollisen kielen käsittelyn eri osa-alueista konekääntämisessä ja puheen tunnistuksessa on saavutettu jo ihmisen suorituskyvyn taso, mutta vain tiettyjen kielten osalta (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 46). Kehitystyö uusien tekniikoiden parissa jatkuukin edelleen kielten syvemmän ymmärryksen lisäämiseksi.

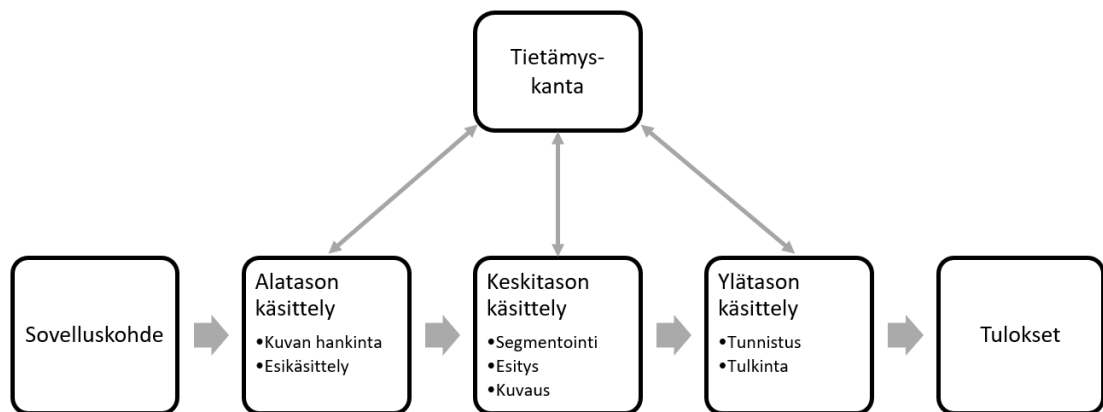
## 2.4 Konenäkö

Konenäköön (*computer vision, machine vision*) liittyvä tutkimus alkoi 1960-luvulla (Brosnan, Sun 2004). Konenäköön perustuva järjestelmä käsittelee kameralla saatuja kuvia muistuttaen tapaa, jolla ihmisaivot käsittelevät silmien näköhavaintoja (Nixon, Aguado 2012, s. 2). Hyödynnettävä data voi olla yksittäisiä kuvia tai videokuvaa. Konenäköjärjestelmä koostuu kolmesta osasta, jotka ovat kamera, kameraliittymä kuvan muuntamiseksi analogisesta muodosta digitaalseksi ja tietokoneohjelma kuvien käsittelyksi sekä analysoinniksi (Nixon, Aguado 2012, s. 12). Digitaalisessa kamerajärjestelmässä kuva muuntuu automaattisesti digitaaliseen muotoon, jolloin kameraliittymää ei ole tarvetta erotella (Nixon, Aguado 2012, s. 15).

Konenäköä hyödynnettäessä on tyypillisesti tavoitteena tunnistaa tietynlaisia piirteitä kuvasta ja tehdä sen perusteella johtopäätöksiä kuvassa olevasta objektista. Esimerkiksi kasvojen tunnistus

perustuu kasvojen kuvaamiseen ja arviointiin tietynlaisten muotojen, kuten silmien, nenän ja suun, avulla (Nixon, Aguado 2012, s. 2). Konenäköä on hyödynnetty monissa eri sovelluskohteissa, joissa on tarvetta erilaisten objektien tunnistukseen, mittaamiseen, verifiointiin, virheellisten piirteiden tunnistamiseen tai paikallistamiseen (Gunasekaran 1996). Näitä sovelluskohteita edustavat esimerkiksi röntgenkuvien analysointi, laadunvalvonta ja itseohjautuvat autot, ja kone näkö kykenee suoriutumaan tietyissä tehtävissä jopa paremmin kuin ihmissilmä (Nieminen 2018).

Konenäköjärjestelmän tekemää kuvan käsittelyä ja analyysia voidaan jakaa erilaisiin tasoihin ja niitä kuvaaviin tarkempiin tehtäviin (Brosnan, Sun 2004, Sun 2000). Kuvassa 3 on esitelty kuvien käsittelyn ja analysoinnin eteneminen.



**Kuva 3.** Kuvan käsittelyn ja analysoinnin vaiheet (mukaillen Brosnan, Sun 2004, Sun 2000)

Alatason käsittely (*low level processing*) sisältää kuvan hankinnan ja esikäsittelyn, jolloin kuva muunnetaan analogisesta digitaalseksi ja kuvan laatua parannetaan. Käytännössä kuvan laadun parantaminen voi tarkoittaa esimerkiksi tarkkuuden lisäämistä tietynlaisten piirteiden korostamiseksi. Keskitason käsittely (*intermediate level processing*) kattaa kuvan segmentoinnin, esittämien sekä kuvauksen algoritmien avulla. Ensin kuva jaetaan segmentoinnissa valitulla tekniikalla alueisiin, joilla on vahva yhteys kuvasta tunnistettavaan objektiin. Tämän jälkeen segmentoitu kuva esitetään rajojen tai alueiden avulla ja kuvan eri segmenteistä tuotetaan määrällistä tietoa analyysin tekemiseksi. Ylätason käsittelyllä (*high level processing*) puolestaan viitataan objektien tunnistamiseen ja tulkintaan kuvasta, josta saatavia tuloksia voidaan hyödyntää tehtävän suorittamiseksi sovelluskohteesta riippuen. Prosessin eri vaiheissa hyödynnetään esimerkiksi neuroverkkojen avulla muodostettua tietämyskantaa käsittelyn ja analysoinnin tarkentamiseksi. (Brosnan, Sun 2004, Sun 2000.)

## 2.5 Asiantuntijajärjestelmä

Tietynlaiseen aihepiiriin erikoistuneella asiantuntijalla on valtavasti tietoa, jonka hyödyntämisen mahdollisuus tietokoneen avulla on herättänyt kiinnostusta tekoälyn tutkimuksessa. Asiantuntijajärjestelmiin (*expert systems*) liittyvä tutkimus alkoi 1960-luvun puolessa välissä (Liao, S. 2005) ja ensimmäinen asiantuntijajärjestelmä esiteltiin vuonna 1968 orgaanisten kemikaaliyhdisteiden massaspektrometrillä analyysia varten (Li, Du 2017, s. 15). Asiantuntijajärjestelmällä tarkoitetaan

tietokoneohjelmaa, joka sisältää asiantuntijan tietämyksen rajatusta aihepiiristä tietämuskannan (*knowledge base*) muodossa ja kykenee tarjoamaan sekä perustelemaan tähän tietämuskantaan perustuen suosituksia järjestelmän käyttäjälle tietyn tehtävän suorittamisessa (Turban, Watkins 1986). Asiantuntijajärjestelmät poikkeavat muista päätöksentekoa tukevista tietojärjestelmistä siten, että niitä voidaan hyödyntää laajemmin monimutkaisten ongelmien ratkaisussa. Näihin ongelmiin ei löydy välttämättä yksiselitteistä ratkaisua vaan ratkaisu edellyttää erilaisten ratkaisu- vaihtoehtojen läpikäyntiä, jonka asiantuntijajärjestelmä voi toteuttaa tehokkaasti. (Luconi, Malone et al. 1986.) Asiantuntijajärjestelmiä on laajalti hyödynnetty eri toimialoilla ja liiketoiminnoissa, mutta erityisesti diagnostiikassa (Wagner 2017).

Asiantuntijajärjestelmistä on tunnistettavissa neljä keskeistä ominaisuutta, jotka ovat vuorovaikutteinen datan hankinta, päättely, päätelmien perustelu sekä modulaarinen rakenne. Asiantuntijajärjestelmän on kyettävä keräämään tarkasteltavan tehtävän kannalta olennaista dataa järjestelmän käyttäjältä käyttöliittymän kautta, tekemään päätelmiä tiedon puutteellisuudesta riippumatta ja esittämään päätelmien taustalla oleva logiikka. (Gallant 1988.) Asiantuntijajärjestelmän rakenteessa on kolme keskeistä osaa, jotka ovat käyttöliittymä, päättelyjärjestelmä (*inference engine*) sekä asiantuntijoiden avulla muodostettu tietämuskanta (Gallant 1988, Bose 1994). Asiantuntijajärjestelmän yksinkertainen rakenne esitellään kuvassa 4.



**Kuva 4.** Asiantuntijajärjestelmän rakenne (mukaillen Bose 1994, Luconi, Malone et al. 1986)

Asiantuntijajärjestelmän tietämuskannassa on tietämys tietyn aihepiirin ongelmien ratkaisemisesta sekä dataa ja faktoja tietämyksen hyödyntämisen tukemiseksi (Bose 1994). Perinteisissä asiantuntijajärjestelmissä "siirretty" tietämys tarkoittaa joukkoa erilaisia JOS-SITTEN -sääntöjä tiedon esittämiseksi, kun puolestaan esimerkiksi neuroverkkoja perustuvassa järjestelmässä hyödynnetään verkkomallia (Gallant 1988). Koneoppimiseen perustuvissa asiantuntijajärjestelmissä tietämuskantaa voidaan kehittää oppimisen myötä (Bose 1994). Päätelyjärjestelmässä hyödynnetään tietämuskannan sääntöjä päätelmien tekemiseksi järjestelmän käyttäjän osoittamien tarpeiden mukaisesti. Tällöin järjestelmä testaa yksittäisiä sääntöketjuja annettuun dataan perustuen ja tekee sen perusteella johtopäätöksen sääntöjen paikkansapitävyydestä tietyssä tilanteessa. (Bose 1994.) Asiantuntijajärjestelmän rakenteen kannalta tietämuskannan muodostaminen on tyypillisesti kaikista haasteellisin ja aikaa vievä tehtävä (Gallant 1988).

Asiantuntijajärjestelmän rakentamiseen on käytettävissä useita erilaisia metodologeja, kuten sääntöperusteisuus, sumea logiikka (*fuzzy logic*) ja neuroverkot (Liao, S. 2005, Bose 1994). Erityisesti sumean logiikan teoria on koettu hyödylliseksi asiantuntijajärjestelmissä, koska se kuvaa paremmin ihmisen ajattelua ja soveltuu epävarmuutta sisältävien ongelmien tarkasteluun (Bose 1994). Asiantuntijajärjestelmien tutkimuksessa on kuitenkin siirrytty yhä enemmän useita



erilaisia tekoälytekniikoita yhdisteleviin hybridijärjestelmiin (Wagner 2017). Tällöin asiantuntija-järjestelmä voi hyödyntää eri tekniikoiden parhaimpia puolia. Asiantuntijajärjestelmien käyttöön-ottoon vaikuttaviksi tekijöiksi on tunnistettu on muun muassa järjestelmän avulla ratkaistavien ongelmien monimutkaisuus, sovelluskehittäjien taidot, asiantuntemuksen laatu, loppukäyttäjien piirteet sekä heidän osallistaminen järjestelmäkehityksen aikana (Yoon, Guimaraes et al. 1995).

## 2.6 Robotiikka

Robotiikan tutkimuksen tavoitteena on kehittää koneita, jotka pystyvät suoriutumaan fyysistä toimintaa ja päätöksentekokykyä vaativista ihmisen perinteisesti tekemistä tehtävistä (Siciliano, Sciavicco et al. 2010, s. 1). Yksinkertaisesti kuvattuna robotilla tarkoitetaan konetta, joka kykenee keräämään tietoa ympäristöstä sensoreiden avulla ja käyttämään kyseistä tietoa toiminnan ohjaamiseen. Robotiikan tutkimuksessa keskityttiin aluksi robotin mekaniikkaan kehittämällä nopeutta, tarkkuutta ja hallittavuutta, mutta kiinnostus on siirtynyt vähitellen robotin sopeutuvuuden, oppivuuden ja autonomisuuden tarkasteluun (Pfeifer, Iida et al. 2005). Tällä hetkellä robotiikassa tutkitaan erityisesti usesta roboteista koostuvia monirobottijärjestelmiä, parviälyä (*swarm intelligence*) autonomisista roboteista koostuvassa ryhmässä ja ihmisten kanssa turvallisesti yhteistyössä toimivia robotteja (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 21).

Robottien perusrakenne voidaan jakaa neljään osaan, jotka ovat mekaaninen järjestelmä, aktuaattorijärjestelmä, sensorijärjestelmä sekä hallintajärjestelmä. Mekaanisella järjestelmällä viitataan robotin runkoon, jonka liikkeitä hallinnoidaan aktuaattorijärjestelmän avulla. Sensorijärjestelmä mahdollistaa robotin havainnointikyvyn keräten tietoa robotista ja sen ympäristöstä, jolloin hallintajärjestelmä ohjaa toimintaa näiden havaintojen perustella muodostamalla käskyjä aktuaattorijärjestelmälle. Hallintajärjestelmän toimintaan vaikuttavat erilaiset tekijät liittyen robotin rajoitteisiin, sille annettuihin tavoitteisiin tehtävien suorittamisessa sekä robotin ympäristöön. (Siciliano, Sciavicco et al. 2010, s. 2-3.) Robottien rakenteen perusteella voidaan sanoa, että robottien toiminnallisuus yhdistää useita tekoälyn eri osa-alueita, kuten koneoppiminen, luonnollisen kielen käsittely ja konenäkö.

Jo vuonna 1921 robotista muodostettiin ensimmäinen konkreettinen visio, joka muistuttaa ihmistä (Schaal 1999). Usein robotiikasta puhuttaessa ensimmäisenä miellelyhtymänä ovatkin tietejärjallisuudesta tutut ihmisiä muistuttavat robotit eli humanoidit. Humanoidien kehittäminen on yksi tekoälyn kunnianhimoisimmista tavoitteista, koska ihmisen olemuksen ja biologisten prosessien myötä mallinnettavien ja hallittavien toimintojen määrä on erittäin suuri. Ihmisrobottien kehittäminen on kuitenkin herättänyt paljon kiinnostusta ja viimeisintä kehitystä tällä saralla edustaa esimerkiksi Hanson Robotics -nimisen yrityksen kehittämä ihmisrobotti, joka kykenee liikehtimään ja puhumaan ihmisen tavoin ja on saanut ensimmäisenä robottina maailmassa jopa kansalaisuuden (Mattila, Lahti 2018).

Vaikka ihmisrobotit ylittävät mediakynnyksen helpommin, tyypillisin robotiikan sovelluskohde on kuitenkin ollut teollisuus, jossa ihmisten fyysisiä tehtäviä on korvattu roboteilla. Robotiikkaa hyödyntämällä teollisuudessa on saavutettu kustannustehokkuuteen, tuottavuuteen, laadun-

hallintaan ja turvallisuuteen liittyviä etuja (Siciliano, Sciavicco et al. 2010, s. 16). Tuotantolinjalla työympäristö on hyvin strukturoitu ja hallittu, jolloin robotilta vaaditut ominaisuudet on ollut helpommin määriteltävissä ja tarvittava autonomisuuden aste vähäisempi (Siciliano, Sciavicco et al. 2010, s. 15). Teollisuusroboteille on tyypillistä kiinteä liikkumisalusta sekä materiaalien käsittelyyn, liikuttamiseen ja mittaamiseen liittyvät ominaisuudet (Siciliano, Sciavicco et al. 2010, s. 10, 18).

Monimutkaisemmissa ja vähemmän strukturoiduissa ympäristöissä robotin toiminta edellyttää autonomisuutta ja robotilta vaaditut ominaisuudet eivät ole yhtä helposti määritettävissä. Tällöin hyödynnetään kehittynyttä robotiikkaa. Kehittyneen robotiikan yhteydessä puhutaan usein liikkumiseen kykenevistä eli liikkuvista roboteista, jotka jaetaan palvelurobotteihin ja kenttärobotteihin. (Siciliano, Sciavicco et al. 2010, s. 10, 25.) Kenttäroboteilla viitataan robotteihin, joita voidaan hyödyntää ihmiselle vaarallisten ympäristöjen tutkimiseen ja raportoimaan tuloksia toiselle toimijalle, tyypillisesti ihmiselle (Siciliano, Sciavicco et al. 2010, s. 26). Palvelurobotteihin voidaan lukea laaja kirjo erilaisia kuluttajille suunnattuja avustavia robotteja, mutta erityisesti termillä viitataan palvelualoilla, kuten vanhustenhoidossa tai terveydenhuollossa, hyödynnettäviin robotteihin (Siciliano, Sciavicco et al. 2010, s. 27-29).

### 3. TYÖTURVALLISUUSRISKIEN ARVIOINTI

Työturvallisuuden tarkastelussa on siirrytty ajan myötä yksittäisten työntekijöiden tapaturma-alttiuden, syytöksien asettamista ja erilaisten suojausmekanismien pettämiseen perustuvasta turvallisuuskäytännöstä systeemiajatteluun. Viimeisintä kehityssuuntaa turvallisuusjohtamiseen liittyvässä kirjallisuudessa edustavat kuitenkin organisaation resilienssin kehittämiseen liittyvät pohdinnat. Tässä kappaleessa tarkastellaan työturvallisuuden kehittämisen piirteitä riskien arvioinnin näkökulmasta. Tätä ennen on kuitenkin hyvä määritellä, mitä työturvallisuusriskin ja vaaratilanteen käsitteillä tarkoitetaan sekä luoda katsaus työturvallisuusriskien arvioinnin vaiheisiin.

#### 3.1 Riskin ja vaaratilanteen käsitteet työturvallisuudessa

Riski käsitteenä tarkoittaa epävarmuutta erilaisten odotetusta poikkeavien myönteisten tai haitallisten tapahtumien esiintymisestä (*SFS-ISO 45001*. 2018). Riski on siis olemassa, kun tietynlaista tapahtumaa ei pystytä ennakoimaan ja odottamaan, jolloin riskin toteutumista voidaan vain arvioida (Kuusela, Ollikainen 2005, s. 30). Tämä edustaa kuitenkin vain yhdenlaista tapaa riskin käsitteen kuvaamiseen, joka perustuu tapahtumien, niiden todennäköisyyden ja seurauksien tarkasteluun. Erilaisten riskimääritelmien mukaan riskiä on tarkasteltu myös mallinnettavana määrällisenä käsitteenä tai subjektiivisena riskikuvauksena (Aven, Renn et al. 2011).

Tyypillisesti riskejä kuitenkin kuvataan riskiä aiheuttavan tekijän ja siihen liittyvän mahdollisen poikkeavan tapahtuman seurausten ja todennäköisyyden perusteella (*SFS-ISO 31000*. 2018). Tämä kuvastaa perinteistä taajuuteen perustuvaa riskinäkemyksiä, jonka mukaan todennäköisyys on riskin tärkein osatekijä. Tällöin todennäköisyys on tarkasteltavan poikkeavan tapahtuman objektiivinen ominaisuus, jota arvioidaan tilastollisilla menetelmillä. (Aven 2010, Steen, Aven 2011.) Perinteisen riskinäkemyksen ei kuitenkaan ole koettu kuvastavan riittävällä tasolla poikkeavien tapahtumien esiintymiseen liittyvää epävarmuutta, mikä on johtanut vaihtoehtoihin riskimäärittelyyn (Aven 2010). Vaihtoehtoisen riskinäkemyksen mukaan riskin tärkein osatekijä on epävarmuus, jota kuvataan todennäköisyyden avulla ja tämän todennäköisyyden arviointi on subjektiivista (Aven 2010, Steen, Aven 2011). Tavat määritellä ja kuvata riskejä vaikuttavat edelleen siihen, miten riskejä arvioidaan ja hallitaan (Aven 2016).

Riskejä voidaan luokitella riskityyppeihin tai -kategorioihin. Mannermaan (2018, s. 115) mukaan yrityksen keskeiset riskit jaetaan tyypillisesti taloudellisiin, strategisiin ja operatiivisiin riskeihin sekä vahinkoriskeihin. Nämä riskityypit esitellään kuvassa 5. Taloudelliset, strategiset ja operatiiviset riskit ovat liikeriskejä, joihin liittyy tulevaisuuden tuotto-odotuksia (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 30).



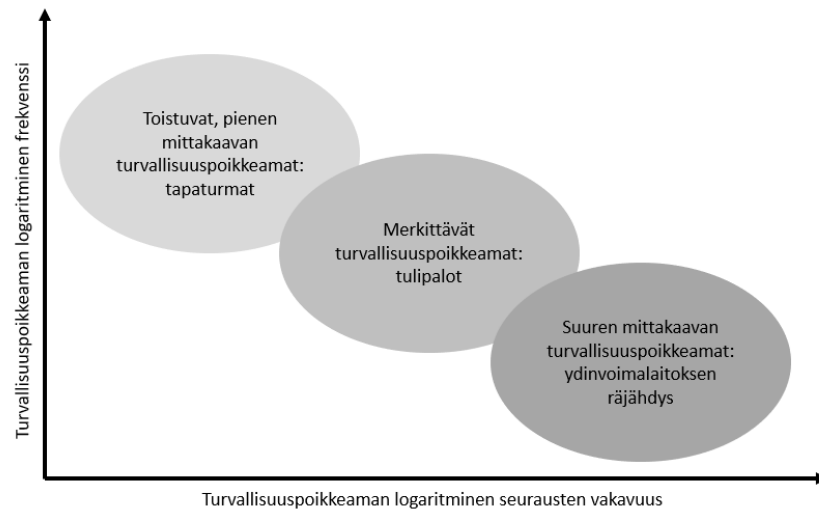
**Kuva 5.** Yrityksen keskeiset riskit ja niiden väliset suhteet (mukaillen Mannermaa 2018, s. 115)

Kuten kuvasta 5 huomataan, yrityksen erilaisilla riskeillä on yhteys toisiinsa. Vahinkoriskien toteutuessa kohdistuu nimityksensä mukaisesti vahinkoja joko ihmisiin, omaisuuteen tai ympäristöön, mikä aiheuttaa yritykselle taloudellisia kustannuksia (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 30). Vahinkoriskien, kuten työterveys- ja työturvallisuusriskien, hallinnalla on siten suora yhteys yrityksen taloudelliseen suoriutumiskykyyn. Työterveys- ja työturvallisuus (TTT) -riskien seurauksena voi olla työntekijän vamma tai terveyshaitta työntekijän altistuessa työhön liittyvälle vaaralle (SFS-ISO 45001. 2018). Työterveys- ja työturvallisuusriskejä aiheuttavilla vaaroilla tarkoitetaan tällöin työntekijälle vamman tai terveyshaitan aiheuttavaa tekijää (SFS-ISO 45001. 2018), jolloin esimerkiksi työympäristön melun kaltainen vaara edustaa riskin lähdettä. Tässä työssä työterveys- ja työturvallisuusriskeihin viitataan yleisesti työtyöturvallisuusriskeinä. Työntekijän katsotaan altistuvan vaaralle, kun ihminen on vaaran aiheuttamien haitallisten seurauksien vaikutusalueella (Työturvallisuuskeskus 2015, s. 6.)

Vammaan tai terveyshaittaan johtavaa tai mahdollisesti johtavaa työhön liittyvää tapahtumaa kutsutaan vaaratilanteeksi (SFS-ISO 45001. 2018). Tällöin työturvallisuusriskit liittyvät siis vaaratilanteiden esiintymisen mahdollisuuteen. Jos vaaratilanteesta ei aiheudu seurauksia, mutta niille on edellytyksiä, puhutaan läheltä piti -tilanteesta. (SFS-ISO 45001. 2018.) Mikäli puolestaan vaaratilanteesta muodostuu työntekijään kohdistuvia seurauksia, viitataan vaaratilanteeseen vaihtelevasti työhön liittyvänä onnettomuutena, tapaturmana tai työperäisenä sairautena riippuen myös vaaratilanteen luonteesta. Tässä työssä kuitenkin viitataan yleisesti ihmisiin, omaisuuteen tai ympäristöön kohdistuvia vahinkoja aiheuttaneisiin vaaratilanteisiin turvallisuuspoikkeamina ja erityisesti ihmiselle vamman tai terveyshaitan aiheuttanutta vaaratilannetta tapaturmaksi. Tapaturmia voidaan lisäksi jaotella niiden tapahtumapaikan mukaisesti riippuen siitä, onko tapaturma tapahtunut työpaikalla tai työhön liittyvän matkustuksen aikana (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 51). Tässä työssä tapaturmalla viitataan työpaikalla tapahtuvaan tapaturmaan.

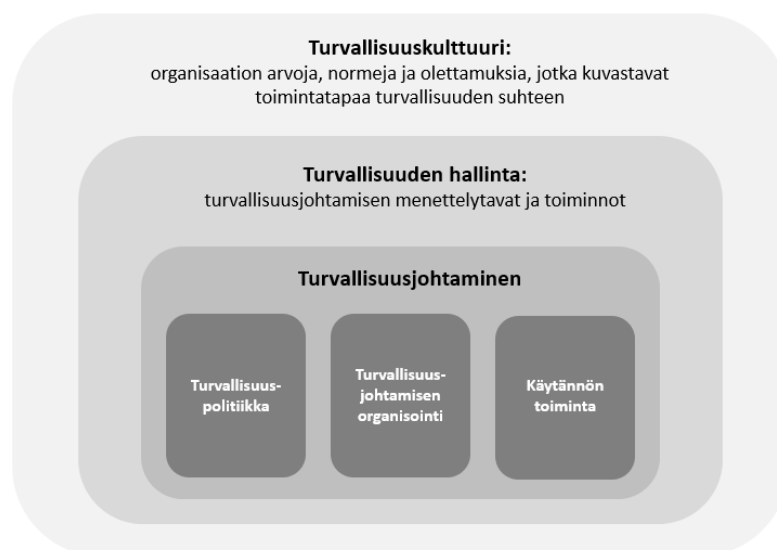
Tyypillisimpiä tapaturmatyyppejä ovat tilastojen mukaan esineisiin, kuten työkaluihin, satuttaminen, kaatuminen, yhtäkkinen yllärasitus ja esineen tai pölyn lentäminen (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 57), mutta erilaisten tapaturmatyyppien esiintyminen riippuu toimialasta. Tapaturma voi johtaa joko lievään vahinkoon eli työntekijän väliaikaiseen vammaan tai terveyden heik-

kenemiseen, vakavaan vahinkoon eli työntekijän pysyvään vammaan, työperäiseen sairauteen tai pahimmassa tapauksessa kuolemaan. Tyypillisesti vaaratilanteita on enemmän kuin tapaturmia ja vastaavasti lievää vahinkoa aiheuttavat tapaturmat ovat yleisempiä kuin vakavat tapaturmat. (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 53). Tapaturmat ovat tyypillisesti useammin toistuvia ja seurauksiltaan vähäisempiä erilaisten turvallisuuspoikkeamien mittakaavoja vertailtaessa (Rasmussen 1997), mitä havainnollistetaan kuvassa 6.



**Kuva 6.** Erilaisten turvallisuuspoikkeamien jaottelua niiden todennäköisyyden ja seurausten perusteella (mukaillen Rasmussen 1997)

Organisaatioilla on velvollisuus huolehtia työntekijöiden ja muiden organisaation toiminnan vaikutuksen alaisten henkilöiden terveydestä ja turvallisuudesta lainsäädäntöön perustuen (SFS-ISO 45001. 2018), jolloin turvallisuusjohtaminen on olennainen toiminto organisaatioissa. Turvallisuusjohtamisen keskeisiä osa-alueita ovat turvallisuuspolitiikka, turvallisuusjohtamisen organisointi ja käytännön toiminta (Työsuojeluhallinto 2010), jotka esitellään kuvassa 7.



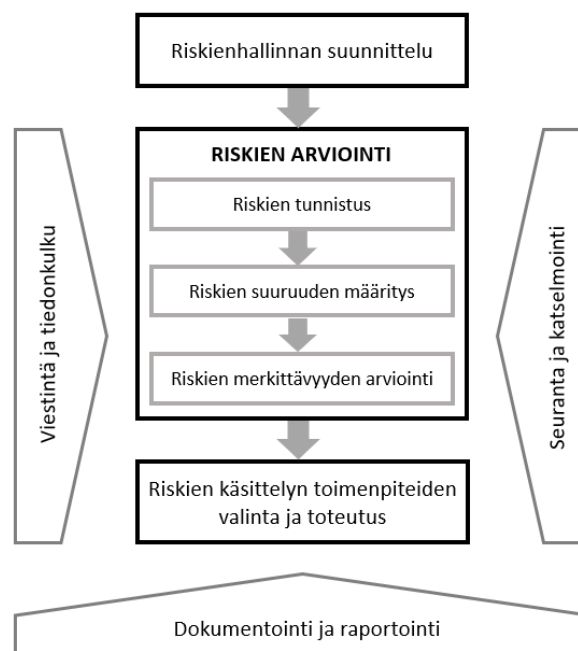
**Kuva 7.** Turvallisuusjohtamisen kokonaisuus (mukaillen Työsuojeluhallinto 2010)

Turvallisuuspolitiikalla tai tarkemmin työterveys- ja työturvallisuuspolitiikalla viitataan työntekijöihin kohdistuvien terveyshaittojen tai vammojen ehkäisemiseen ja työpaikan turvallisuuden sekä terveellisyysvarmistamiseen politiikkaan (SFS-ISO 45001. 2018). Turvallisuusjohtamisen organisointi tarkoittaa turvallisuuden hallintaan liittyvien toimintatapojen, vastuiden ja velvollisuuksien määrittämistä, mutta myös tarvittavien resurssien varmistamista turvallisuustavoitteiden saavuttamiseksi. Käytännön toiminta puolestaan sisältää riskien arviointia, turvallisuuden hallinnan toimenpiteiden toteutusta, osaamisen varmistamista, viestintää sekä turvallisuuden mittaamista ja jatkuvaa seuranta. (Työsuojeluhallinto 2010.)

### 3.2 Työturvallisuusriskien arvioinnin vaiheet

Riskien arviointi on turvallisuusjohtamisen tärkeimpiä käytännön toimintaa kuvaavia menetelmiä turvallisuuden kehittämiseksi (Pinto, Nunes et al. 2011). Riskien arviointiin ja hallintaan liittyvä tieteenala on saanut alkunsa 1970-1980-luvuilla (Aven 2016). Riskienhallinnalla viitataan organisaation riskien johtamiseen ja ohjaamiseen keskittyvään toimintaan, johon sisältyy laajalaisesti riskien arviointia ja käsittelyä soveltuvien toimenpiteiden avulla, seuranta, katselmointia, dokumentointia sekä raportointia yhteistyössä erilaisten organisaation sidosryhmien kanssa. Riskienhallinnan tavoitteena on tukea organisaation suorituskyvyn kehittämistä ennakoimalla ja havainnoimalla organisaation sisäisen ja ulkoisen toimintaympäristön muutoksia sekä tapahtumia, mutta myös varmistaa tarkoituksenmukainen reagointikyky niihin oikea-aikaisesti. (SFS-ISO 31000. 2018.)

Kuvassa 8 havainnollistetaan riskienhallintaprosessia, jossa riskien arviointi on keskeisessä roolissa. Riskien arvioinniksi kutsutaan tässä prosessissa riskien tunnistamisen, riskin suuruuden määrittämisen ja merkittävyyden arviointiin liittyviä vaiheita (SFS-ISO 31000. 2018).



**Kuva 8.** Riskienhallintaprosessin kuvaus (mukaillen SFS-ISO 31000. 2018)

Kuvan 8 mukaisesti ennen riskien arviointia on suunniteltava riskienhallinnan sisällön kattavuutta, määriteltävä siinä hyödynnettäviä kriteerejä sekä riskienhallinnan soveltamiskohteen toimintaympäristö. Hyvin toteutettu riskien arviointi on järjestelmällistä, iteratiivista, hyödyntää mahdollisimman paljon laadukasta tietoa arvioinnin tukena ja osallistaa organisaation sidosryhmiä erilaisten näkemysten ja tiedon jakamiseksi. (SFS-ISO 31000. 2018.) Riskien arviointi on myös jatkuvaa toimintaa, jota seurataan ja arvioidaan säännöllisesti arvioitavaan toimintaan liittyvien muutosten, aikaisemman kokemuksen ja kerätyn uuden tiedon valossa (Faber, Stewart 2003). Erityisesti työturvallisuusriskien arvioinnissa tunnistetaan järjestelmällisellä tavalla työskentelyyn liittyviä vaaroja, arvioidaan niihin liittyvien työturvallisuusriskien suuruutta ja merkittävyyttä riskien suhteuttamiseksi toisiinsa (Pinto, Nunes et al. 2011). Työturvallisuusriskien arviointiin käytettävien menetelmien ja kriteerien soveltuvuus sekä ajoitus erilaisissa yhteyksissä on tarkasti määriteltävä, ylläpidettävä ja dokumentoitava riskien arvioinnin järjestelmällisyyden varmistamiseksi (SFS-ISO 45001. 2018).

### 3.2.1 Riskien tunnistus

Työturvallisuusriskien arvioinnin ensimmäinen vaihe on riskien tunnistus, johon viitataan kirjallisuudessa myös vaarojen tunnistuksena. Riskien tunnistuksella tarkoitetaan erilaisiin työskentelyyn ja työympäristöön liittyvien riskien lähteiden eli vaarojen tunnistamista ja niille mahdollisen altistumisen kuvaamista (Ale, Baksteen et al. 2008, Pinto, Nunes et al. 2011). Riskien tunnistuksessa tehtävät havainnot muodostavat perustan muille riskien arvioinnin vaiheille, koska ainoastaan tunnistettuihin vaaroihin voidaan vaikuttaa erilaisilla toimenpiteillä (Faber, Stewart 2003).

Käytännössä vaarojen tunnistus ja niille mahdollisen altistumisen kuvailu tarkoittaa vastaamista kysymyksiin siitä, millaiset asiat työskentelyssä voivat mennä pieleen, millaisista syistä ja miten niitä voidaan ehkäistä (Faber, Stewart 2003). Vaarojen tunnistamisen ja työympäristön toiminnan seuraamisen on oltava jatkuvaa toimintaa työympäristössä ja vaarojen ilmoittamiseen on oltava mahdollisimman alhainen kynnyks. Organisaation onkin tavoiteltava vakiintuneita ylläpidettäviä vaarojen jatkuvaan ja ennakoivaan tunnistamiseen (SFS-ISO 45001. 2018).

Riskien tunnistamisessa huomioidaan aikaisemmin esiintyneet ja mahdolliset uudet vaarat, työntekijöiden edellytykset työnteolle sekä työn kuormitustekijät (Työturvallisuuskeskus 2015, s. 23). Tämän toteuttamiseksi riskien tunnistuksessa voidaan hyödyntää tietoa aikaisemmista turvallisuusselvityksistä ja -analyysistä sekä organisaation tietokantoja (Aven 2015, s. 39), esimerkiksi tapaturmien ja läheltä piti -tilanteiden kuvauksista. Aikaisempia vaaratilanteita tarkastelemalla voidaan kartoittaa, millaisia vaaratilanteita työympäristössä on tyypillisesti ollut ja miten niitä on onnistuttu ehkäisemään. Riskien ennakoimiseksi voi olla tarpeellista hyödyntää myös mielikuvitusta työympäristössä vielä tapahtumattomien, mutta mahdollisten vaaratilanteiden hahmottamiseksi historiallisen datan lisäksi (Steen, Aven 2011).

Laitinen, Vuorinen et al. (2013, s. 70-71) mukaan tunnistettavia työskentelyn vaaroja voidaan luokitella seuraavasti:

- Fyysiseen kuormitukseen liittyvät vaarat
- Psykososiaaliseen kuormitukseen liittyvät vaarat
- Kemialliset ja biologiset vaarat
- Fysikaaliset vaarat
- Liikkumiseen liittyvät vaarat
- Työvälineiden ja -koneiden vaarat

Käytännössä riskien laajempaa tunnistamista voidaan toteuttaa erilaisissa työryhmissä, kyselylomakkeilla ja tarvittaessa asiantuntijaselvityksien avulla (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 299-300). Vaaroja kirjataan sen perusteella, millaisia havaintoja tarkasteltavasta työympäristöstä tehdään. Olennaista havainnoinnin yhteydessä on selvittää, millaisia työtehtäviä ja toimintoja tietynlaisessa työympäristössä tehdään, jossa työntekijöiden toiminnan seuraaminen ja haastattelut voivat olla hyödyllisiä keinoja. (Työturvallisuuskeskus 2015, s. 23-25.) Mikäli vaara voidaan poistaa heti sen havainnoinnin yhteydessä, on suositeltavaa toimia niin (Mannermaa 2018, s. 79).

Vaaratilanteiden muodostumiseen liittyvien tapahtumien selvittäminen on tärkeää, jotta voidaan pohtia, millaisilla toimenpiteillä vaaroille altistumista voitaisiin ehkäistä. Vaaratilanteeseen johtavat tapahtumat saattavat liittyä työhön liittyviin järjestelyihin, menetelmiin tai olosuhteisiin, mutta myös ihmisten työtapoihin, työn organisointiin ja johtamiseen. (Työturvallisuuskeskus 2015, s. 24.) Vaaratilanne voi johtua esimerkiksi työlaitteen käytön ohjeistuksen puutteellisuudesta. Erityisesti työntekijöiden riskialttiiseen käyttäytymiseen liittyvien toimintatapojen tunnistaminen saattaa olla hankalaa, sillä käyttäytyminen saattaa olla epäsäännöllistä tai sitä on vaikea havainnoida ihmisen toimesta. Joissakin tapauksissa voi olla tarpeen seurata erilaisia tapahtumaketjuja tai hyödyntää asiantuntijoita epäturvallisen käyttäytymisen toteamiseksi. (Hopkins 2006.)

Leveson (2015) jakaa turvallisuuspoikkeamien taustalla olevat syyt kolmeen eri kategoriaan, jotka ovat teknisen järjestelmän suunnittelu ja toteutus, fyysiset toiminnot ja turvallisuusjohtaminen. Teknisellä järjestelmän suunnittelulla ja toteutuksella viitataan riskien arviointiin liittyvinä puutteina, kun puolestaan fyysisiin toimintoihin liittyvät syyt ovat puutteita riskienhallinnan toimenpiteiden toteutuksessa ja tehokkuuden seurannassa. Turvallisuusjohtamiseen liittyvät puutteet voivat esiintyä esimerkiksi heikentyneenä turvallisuuskulttuurina, joka voi vaikuttaa riskienottoon työympäristössä. (Leveson 2015.) Nämä syykategoriat eivät kuitenkaan tuo esille vielä erityisesti tapaturmien syntyyn vaikuttavia piirteitä. Laitinen, Vuorinen et al. (2013, s. 69) mukaan tapaturmien syntyä kuvaavia selityksiä voidaan jakaa seuraaviin neljään eri kategoriaan:

- Sattuma tai kohtalo
- Vaaralliset energiat ja epäergonomisuus
- Työntekijöiden ominaisuudet
- Organisaation toiminnan puutteet

Erityisesti sattuman tai kohtalon vaikutus tapaturmissa kuvastaa tyypillistä käsitystä tapaturmien muodostumisesta aikana, jolloin ymmärrys tapaturmien muodostumisesta oli heikompaa ennen



kuin tekniikka ja tiede kehittyivät pidemmälle (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 70). Yhdistämällä edellä mainitut tapaturmien muodostumisen selitykset ja Levesonin (2015) esittämät syykategoriat, voidaan tapaturmien syykategoriat jakaa korkeammalla tasolla Laitinen et al. (2013, s. 305) mukaisesti inhimillisiin, teknisiin ja organisaation toimintaan liittyviin syihin. Tällöin työntekijöihin ja heidän työskentelyyn liittyvät tekijät edustavat inhimillisiä syitä, riskienhallinnan toteutuksen ja seurannan puutteet vaarallisten energioiden ehkäisemiseksi teknisiä syitä sekä turvallisuusjohtamisen, suunnittelun ja valvonnan puutteet organisaation toimintaan liittyviä syitä. Yksikään syykategoria ei kuitenkaan pysty yksinään selittämään tapaturmien muodostamista, vaan usein niiden taustalla vaikuttavia syitä on usemmasta kategoriasta samaan aikaan (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 69, Leveson 2015). Lisäksi on huomioitava, että tekniset ja inhimilliset tekijät ovat tyypillisesti välittömässä yhteydessä tapaturmiin, kun puolestaan organisaation toimintaan liittyvät syyt vaikuttavat niiden taustalla (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 306).

Vaarojen tunnistamiseen ja turvallisuusanalyysiin on hyödynnettävissä erilaisia menetelmiä, joista monet liittyvät kuitenkin enemmän prosessiturvallisuuden vaarojen tunnistamiseen. Erityisesti työturvallisuuteen liittyviä riskejä voidaan arvioida organisaatiotasolla hyödyntäen potentiaalisten ongelmien analyysia (POA) tai strategista työturvallisuus- ja terveysriskien arviointia (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 296-297). Yksityiskohtaisempaan analyysiin yksittäisestä työtehtävästä tai -toiminnosta soveltuu puolestaan työn turvallisuusanalyysi (TTA) tai toimintovirheanalyysi (TVA), joita hyödynnettäessä tarkasteltava työ jaetaan pienempiin osatehtäviin vaarojen tunnistamisen ohjaamiseksi (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 296-297). Kaikista yksinkertaisin ja tyypillisin menetelmä työturvallisuuden vaarojen tunnistuksessa on kuitenkin tarkistuslistat. Tarkistuslistaa käytettäessä tarkistetaan, esiintyykö tietynlainen vaara tarkasteltavassa työssä erilaisia vaaroja sisältävän listauksen perusteella, mikä tuo järjestelmällisyyttä vaarojen tunnistamiseen (Työturvallisuuskeskus 2015, s. 23).

### 3.2.2 Riskien suuruuden määrittäminen

Erilaisille työskentelyyn liittyville vaaroille mahdollisesta altistumisesta muodostuvaa riskin suuruutta on pystyttävä arvioimaan riskien tarkoituksenmukaisten käsittelytapojen määrittämiseksi. Riskien suuruusarvioiden tarkkuus vaikuttaa siihen, kuinka riskejä voidaan erotella ja sitä kautta hallita kohdistamalla toimenpiteitä ensin merkittävimpiin turvallisuuspuutteisiin (Leveson 2015). Tähän perustuen riskin suuruuden arvioinnissa on pyrittävä kuvaamaan todellista riskitilannetta mahdollisimman objektiivisesti (Työturvallisuuskeskus 2015, s. 26), jotta merkittävimmät riskit pystytään tehokkaasti erottamaan.

Monissa työturvallisuuden riskien arviointiin liittyvissä julkaisuissa riskien suuruutta arvioidaan vaaralle altistumisen todennäköisyyden ja seurauksien vakavuuden perusteella. Avenin (2016) mukaan kirjallisuudessa todennäköisyyden tunnustetaan keskeiseksi työkaluksi riskien suuruuden määrittämiseen edellyttäen, että todennäköisyyttä pystytään luotettavasti arvioimaan. Seurausten vakavuuden arvioinnissa tarkastellaan työntekijöille aiheutuvien terveyshaittojen tai vamman luonnetta, laajuutta ja kestoja (Työturvallisuuskeskus 2015, s. 26-27, Ale, Baksteen et

al. 2008). Todennäköisyyttä arvioidessa puolestaan tyypillisesti tarkastellaan vaaralle altistumisen toistuvuutta ja kestoja (Ale, Baksteen et al. 2008). Näiden lisäksi todennäköisyyden arviointiin vaikuttavat vaaralle altistuvien henkilöiden määrä, heidän tietoisuus vaaran olemassaolosta ja sen havaittavuus sekä mahdolliset poikkeukset työskentelytavoissa (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 297).

Useimmiten seurauksia ja niiden vakavuutta on helpompi arvioida kuin riskin todennäköisyyttä, sillä todennäköisyyteen liittyy enemmän epävarmuutta tulevaisuuden tapahtumien ennustamisen takia (Leveson 2015). Erityisesti riskin todennäköisyyden arvioinnin luotettavuuteen vaikuttaa arviointia tekevän henkilön tietämyksen laajuus (Aven 2016), mutta tästä huolimatta todennäköisyyden tarkka arviointi on vaikeaa jopa asiantuntijoiden tekemänä (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 297). Todennäköisyysarvioiden epätarkkuus johtuu muun muassa siitä, että ihmisen roolia vaaratilanteiden muodostumisessa on vaikeaa arvioida ja vaaratilanteeseen johtavia tapahtumia ei voida välttämättä kuvata tilastollisilla malleilla todennäköisyysarvion luomiseksi (Leveson 2015). Jos tarkastelun kohteena olevaan tapahtumaan liitettävä toiminto pysyy kuitenkin suhteellisen samanlaisena myös tulevaisuudessa ja historiallista dataa tapahtumasta on saatavilla, on arvion tekeminen yksinkertaisempaa. Hyvin tarkkaa ja yksityiskohtaista arviota riskin suuruudesta ei kuitenkaan pystytä tekemään, joten kyse on välttämättäkin vain arviosta. (Leveson 2015.)

Kun todennäköisyys ja seurausten vakavuus on arvioitu, määritetään riskikuvaus eli riskitaso riskin suuruuden perusteella. Riskien suuruuden määrittämiseen on hyödynnettävissä erilaisia menetelmiä, joilla voidaan arvioida vaaralle altistumisen seurauksia ja todennäköisyyttä sekä määrittää siten riskitaso. Yleisesti tuotantolaitoksilla hyödynnettäviä riskienarviointimenetelmiä voidaan jakaa kvalitatiivisiin eli laadullisiin ja kvantitatiivisiin eli määrällisiin menetelmiin (Tixier, J., Dusserre et al. 2002). Nämä menetelmätyypit eroavat toisistaan siten, että määrällisessä menetelmässä todennäköisyyttä ja seurauksia arvioidaan määrällisesti. Määrällinen menetelmä sopii parhaiten suurten riskien arviointiin, kun resursseja ja soveltuvaa dataa arviointiin on riittävästi, kun puolestaan laadullinen menetelmä soveltuu pienempien riskien arviointiin, jolloin hyvin rajatulla määrällä erilaisia kategorioita voidaan kuvata riskin todennäköisyyttä ja seurauksia. (Khanzode, Maiti et al. 2012.) Työturvallisuusriskien suuruuden arviointiin soveltuvat tästä syystä paremmin laadulliset menetelmät, vaikkakin määrällisten tekniikoiden hyödyntäminen työturvallisuusriskien arvioinnissa on lisääntynyt (Murè, Demichela 2009, Jacinto, Silva 2010).

Tyypillisesti laadullisten menetelmien yhteydessä riskien suuruutta kuvaillaan riskimatriisin avulla (Khanzode, Maiti et al. 2012). Riskimatriisissa eli seuraus-todennäköisyys -matriisissa riskit luokitellaan todennäköisyyden ja seurausten vakavuuden perusteella (Työturvallisuuskeskus 2015, s. 28). Esimerkki yksinkertaisesta riskimatriisista esitetään taulukossa 2.

**Taulukko 2. Riskimatriisi (mukaillen Työturvallisuuskeskus 2015, s. 28)**

Seuraukset Toden- näköisyys	Vähäinen	Haitallinen	Vakava
Epätodennäköinen	<b>1 Merkityksetön riski</b>	<b>2 Vähäinen riski</b>	<b>3 Kohtalainen riski</b>
Mahdollinen	<b>2 Vähäinen riski</b>	<b>3 Kohtalainen riski</b>	<b>4 Merkittävä riski</b>
Todennäköinen	<b>3 Kohtalainen riski</b>	<b>4 Merkittävä riski</b>	<b>5 Sietämätön riski</b>

Kun esimerkiksi vaaralle altistuminen on todennäköisyydeltään mahdollista ja seurauksiltaan vakavaa, kyseessä on riskimatriisin mukaan merkittävä riski. Mitä suurempi riski on riskimatriisin luokittelun mukaisesti, sitä kriittisemmin tarvitaan toimenpiteitä riskin pienentämiseksi. Suomalaisissa organisaatioissa riskimatriiseja hyödynnetään kuitenkin vaihtelevin tavoin ja osittain tehottomasti riskeihin liittyvän päätöksenteon tukena (Nenonen, Anttila et al. 2018, s. 17). Vaihtelua esiintyy esimerkiksi seurausten ja todennäköisyyden arvioinnin järjestyksen ja aikaisempien riskienhallintakeinojen huomioimisen suhteen sekä tarkastelua rajoitetaan tyypillisesti kaikista todennäköisimpiin seurauksiin, mitkä heikentävät kyseisen työkalun hyödyntämisen luotettavuutta (Nenonen, Anttila et al. 2018, s. 17). Riskimatriisien hyödyntämiseen on liitetty myös ongelmia niiden heikosta soveltuvuudesta monimutkaisempaan riskien arviointiin ja erityisesti riskien erotteluun, kun useat erilaiset riskit edustavan matriisin mukaan samaan riskitasoa (Ni, Chen et al. 2010).

### 3.2.3 Riskien merkittävyyden arviointi

Riskien merkittävyyden arvioinnissa tarkastellaan, onko tarvetta pienentää vaaroihin liittyviä työturvallisuusriskejä (Työturvallisuuskeskus 2015, s. 29). Vaikka riskien poistamiseen on aina pyrittävä, ei se kaikissa tapauksissa ole mahdollista, jolloin tavoitteena on mahdollisten vaaratilanteiden ehkäiseminen erilaisilla toimenpiteillä eli työturvallisuusriskin suuruuden vähentäminen (Hollnagel 2008). Toimenpiteillä tarkoitetaan vaaratilanteiden syiden poistamiseen liittyviä keinoja, joilla siten ehkäistään vaaratilanteiden muodostumista (SFS-ISO 45001. 2018).

Oleellista riskin merkittävyyden arvioinnin yhteydessä on pohtia, mikä on hyväksyttävän riskin suuruuden raja, jonka perusteella tehdään arvio tehtävien toimenpiteiden tarpeesta riskiin vaikuttamiseksi. Tällöin riskien merkittävyyteen liittyvässä päätöksenteossa korostuu yksilöiden arvoihin pohjautuva tarkastelu riskin hyväksyttävyydestä (Hansson, Aven 2014) ja hyväksyttävän riskin rajaa voi olla vaikea asettaa. Yleisesti riskienhallinnassa hyväksyttävän riskin raja riippuu siitä, kuinka erilaisia näkökulmia, esimerkiksi yrityksen tuottoihin, maineeseen ja turvallisuuteen liittyen, riskien merkittävyyden arvioinnissa huomioidaan ja priorisoidaan (Aven 2016, Faber, Stewart 2003). Näihin eri näkökulmiin perustuen riskien merkittävyyden arvioinnissa voidaan hyödyntää riskin hyväksyttävyyden kriteerejä, mutta riskikriteerien määrittämistä yksittäisten toimijoiden toimesta ilman viranomaisten kannanottoa on kritisoitu (Aven 2016).

Riskien arvioinnissa hyödynnettävien riskikriteerien on edustettava riskienhallinnan tavoitteita, tukevan riskeihin liittyvää päätöksentekoa ja niiden soveltuvuutta on arvioitava säännöllisesti. Riskikriteerien asettamisessa huomioidaan useita erilaisia tekijöitä esimerkiksi liittyen organisaation valmiuksiin, riskitasojen määrittelytapoihin ja riskiyhdistelmien huomiointiin. (SFS-ISO 31000. 2018.). Riskien merkittävyyden päätöksenteossa voidaan hyödyntää riskikriteerien lisäksi ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*) -periaatetta (Steen, Aven 2011). Tämän periaatteen mukaisesti riskin suuruutta vähennetään mahdollisimman alhaiselle tasolle toimenpiteillä, joiden toteuttamisen kustannukset eivät ole kohtuuttomat saataviin hyötyihin verrattuna (Aven 2016). Myös riskien merkittävyyteen liittyvää päätöksentekoa voidaan siis tukea erilaisilla menetelmillä muiden riskien arvioinnin vaiheiden kaltaisesti.

Riskien arviointiin kuuluu riskien suuruuden vähentämiseen tarkoitettujen toimenpidevaihtoehtojen tarkastelu ja niihin liittyvien suositusten teko, mutta varsinainen toimenpiteiden valinta ja toteutus on riskienhallintaa. Tyypillisesti toimenpiteitä edellytetään riskin suuruuden ollessa vähintään kohtalainen taulukossa 2 esiteltyjen riskiluokitusten mukaisesti, mutta toimenpiteiden suunnittelu ja toteutus on aloitettava sietämättömäksi luokitelluista riskeistä (Mannermaa 2018, s. 81).

Riskien vähentämiseen voidaan hyödyntää erilaisia toimenpiteitä riskin luonteesta riippuen. Näitä toimenpiteitä voidaan asettaa järjestykseen sen perusteella, kuinka suuria vaikutuksia tietynlaisella toimenpiteellä saavutetaan, jolloin puhutaan riskien hallintakeinojen hierarkiasta (SFS-ISO 45001. 2018). Hallintakeinojen hierarkiaa hyödyntämällä voidaan lisätä järjestelmällisyyttä työturvallisuuden kehittämiseen ja riskienhallintaan. Tyypillisesti riskien vähentäminen edellyttää useita erilaisia hallintakeinoja hierarkian eri tasoja edustaen. (SFS-ISO 45001. 2018.) Hallintakeinojen hierarkia jakautuu seuraavasti (SFS-ISO 45001. 2018):

1. Poisto: esimerkiksi haitallisten kemikaalien käytön lopetus
2. Korvaus: esimerkiksi sähkölaitteen jännitysvaatimuksen alennus
3. Tekniset hallintakeinot, työn organisointi: esimerkiksi suojavarusteiden käyttö, yksintyöskentelyn vähennys
4. Hallinnolliset hallintakeinot: esimerkiksi koulutus, ohjeistus hätätilanteessa

Tyypillisesti riskien hallintakeinojen hierarkian ensimmäisten tasojen keinoilla päästään todennäköisemmin ja tehokkaammin toivottuihin tuloksiin kuin alemman tason hallintakeinoilla, kuten suojavarusteilla ja erilaisilla turvallista työskentelyä ohjaavilla säännöillä. Tämä johtuu siitä, että alemman tason hallintakeinojen hyödyntäminen riippuu työntekijöiden käyttäytymisestä, jolloin niiden toimivuutta seurataan eri tavoin kuin ensimmäisiä tasoja kuvaavia hallintakeinoja. (Hopkins 2006.) Työskentelyyn liittyvien riskien poistoon ja korvaukseen on kuitenkin rajallisesti mahdollisuuksia riippuen siitä, millainen rooli riskiä aiheuttavalla tekijällä on työprosessissa. Mikäli riskiä aiheuttava tekijä on olennainen prosessin kulun kannalta tai sen korvaus vaikuttaisi haitallisesti muuten prosessin toimintaan, ei poistoon tai korvaukseen perustuvaa hallintakeinoja voida hyödyntää. Tähän perustuen tyypillisesti korvauksessa työprosessissa riskiä aiheuttava tekijä vaihdetaan samankaltaiseen, mutta riskiä vähentävään tekijään, tai hyödyntämällä automatisaatiota työprosessissa. (Hollnagel 2008.)

Teknisillä, työn organisointiin liittyvillä ja hallinnollisilla riskien hallintakeinoilla viitataan vaaratilanteita ehkäiseviin suoja mekanismeihin, joiden toimivuutta työympäristössä seurataan. Näillä suoja mekanismeilla eli estejärjestelmillä tarkoitetaan menetelmiä, jotka ehkäisevät hallitsematonta massan, energian ja tiedon kulkua työympäristössä (Hollnagel 2008). Hollnagel (2008) jakaa estejärjestelmiä fyysisiin, toiminnallisiin, symbolisiin ja aineettomiin esteisiin. Fyysiset esteet, kuten aidat ja portit, estävät vaaratilanteiden muodostumista tai ehkäisevät niiden vaikutuksia eikä niiden toimivuus riipu tyypillisesti muista tekijöistä työympäristössä. Toiminnallisilla esteillä, kuten toimintoketjuilla ja yhtenäisillä varusteilla, luodaan tietynlaisia esivaatimuksia työn aloitukselle ja niiden toiminta saattaa edellyttää työntekijän osallistumista esteen luonteesta riippuen. Symboliset esteet puolestaan edellyttävät työntekijän tulkintaa, esimerkiksi lukemalla varoitusmerkkejä tai antamalla hyväksynnän tietynlaisen tehtävän suorittamiselle. Organisaatio vaikuttaa aineettomien esteiden, kuten erilaisten sääntöjen, eettisten normien ja moraalien, muodostumiseen, mutta niiden toimivuus riippuu työntekijän roolista niiden omaksumisessa. Usein vaaratilanteiden tehokkaaksi ehkäisemiseksi tarvitaan useita erilaisia estejärjestelmiä. (Hollnagel 2008.)

### **3.3 Työturvallisuuden kehittäminen riskien arvioinnin näkökulmasta**

Lähestymistapa työturvallisuuden kehittämiseen riskien arvioinnin näkökulmasta riippuu siitä, millainen näkemys turvallisuudesta organisaatiossa on. Perinteisesti vaaratilanteiden ehkäisemisessä on luotettu erilaisten suoja mekanismien rakentamiseen, jolloin vaaratilanteita muodostuu niiden ehkäisemiseen tarkoitettujen suojauksien pettäessä (Mitropoulos, Abdelhamid et al. 2005). Tällöin vaaratilanne on poikkeama suojauksiin perustuvasta odotetusta toiminnasta epäturvallisen käytöksen tai olosuhteen vuoksi (Mitropoulos, Abdelhamid et al. 2005). Tämän kaltainen näkemys korostaa työntekijöiden roolia vaaratilanteiden syntymisessä ja johtaa helposti syytöksien asettamiseen organisaatiossa. (Mitropoulos, Abdelhamid et al. 2005, Leveson 2011). Kuitenkin jo 1980-luvulta lähtien tutkimuksissa on havaittu, että työntekijöiden rooli turvallisuuden edistämässä on odotettua suurempi, mikä perustuu ihmisten kykyyn sopeutua muuttuviin olosuhteisiin (Woods, Hollnagel 2006, s. 4). Perinteinen suoja mekanismeihin perustuva näkemys turvallisuudesta on siis turhan yksinkertainen selittämään työskentelyyn liittyvien vaaratilanteiden muodostumista riskien arvioinnin näkökulmasta.

Turvallisuusjohtamisessa on korostunut systeemijähtelu, johon perustuen turvallisuus nähdään sosioteknisen systeemin ominaisuutena (Leveson 2011). Sosiotekniselle systeemille on tyypillistä ihmisten ja teknisten järjestelmien väliset monimutkaiset ja muuttuvat vuorovaikutussuhteet (Uusitalo, Heikkilä et al. 2009, s. 8). Tällöin systeemin yksittäiset osat voivat toimia turvallisuuden näkökulmasta luotettavalla tavalla, mutta silti systeemi kokonaisuutena ei ole välttämättä turvallinen tai toisin päin (Leveson 2011). Esimerkiksi vaaratilanteen yhteydessä työntekijät ovat voineet toimia täysin ohjeiden mukaisesti ja työkonet toimia odotetusti. Mikäli kuitenkin systeemin eri osissa tehtävät päätökset tai käyttäytyminen eivät tietyssä tilanteessa tue toisiaan, on mahdol-

lisuus vaaratilanteelle (Leveson 2011). Tähän turvallisuuskäsitykseen perustuen vaaratilanteiden ehkäisemisessä on keskeistä työntekijöiden käyttäytymiseen ja päätöksentekoon vaikuttavien mekanismien tarkasteluun ja niiden perusteella sosioteknisen systeemin suunnitteluun. Tavoitteena ei ole siis sosioteknisen systeemin yksittäisten osien, kuten työntekijöiden toiminnan, luotettavuuden lisääminen. (Leveson 2011.) Työturvallisuuden kehittäminen edellyttääkin systeemiin liittyvien riskien arviointia yksittäisiä osia laajemmasta näkökulmasta, jotta voidaan tunnistaa riskejä ihmisten ja teknisten järjestelmien välisessä vuorovaikutuksessa.

Riskien arviointia on siis toteuttava systeemitasolla työturvallisuuden kehittämiseksi pitkällä aikavälillä. Mikäli sosiotekninen systeemi pysyy suhteellisen vakaana, turvallisuuden kehittämisessä voidaan hyödyntää retrospektiivistä riskien arviointia, joka painottaa tapaturmien ja läheltä piti - tilanteiden tutkintaa (Leveson 2011). Tällöin turvallisuuden tasoa analysoidaan jo tapahtuneen eli toteutuneiden riskien kautta. Tämä kuvastaa perinteisiä riskien arvioinnin menetelmiä, joissa luotetaan jälkiviisauteen, tapahtumien syy-seuraussuhteiden analyysiin ja historiallisen datan käyttöön turvallisuuden kehittämiseksi (Steen, Aven 2011, Aven 2016). Käytännössä sosiotekninen systeemi ja sen riskit kuitenkin muuttuvat ajan myötä esimerkiksi uusien teknologioiden myötä, jolloin turvallisuuden kehittämiseksi tarvitaan myös tulevaan keskittyvää eli proaktiivista riskien arviointia (Leveson 2011). Myös Mitropoulos, Abdelhamid et al. (2005) tuovat esille, että proaktiivisella lähestymistavalla voidaan vähentää vaaratilanteita ilman, että on tarvetta turvallisuustoimien lisäämiselle. Perinteisten riskien arvioinnin menetelmien ei katsotakaan olevan riittäviä riskien tarkasteluun sosioteknisen systeemin tasolla (Aven 2016, Steen, Aven 2011) ja niillä voidaan vähentää tehokkaasti organisaation jo tuntemia riskejä (Uusitalo, Heikkilä et al. 2009, s. 10). Tämän perusteella työturvallisuuden kehittäminen edellyttää aikaisemmista vaaratilanteista oppimista, mutta myös uusien mahdollisten riskien ennakointia.

Woods & Hollnagelin (2006, s. 6) mukaan turvallisuutta on tarkasteltava ja ymmärrettävä vaaratilanteiden kautta, joita ei ole vielä tapahtunut. Tällöin turvallisuuden kehittämisessä tarkastellaan mekanismeja, joiden avulla onnistuneesti varmistetaan turvallisia olosuhteita olosuhteita päivittäisessä työskentelyssä (2014, s.176). Tämän toteuttaminen kuitenkin edellyttää ennemmin ennakoivia ja joustavia turvallisuustoiminnan prosesseja kuin reaktiivisia suojamekanismeja (Woods, Hollnagel 2006, s. 3). Ennakoivilla ja joustavilla prosesseilla viitataan resilienttiin turvallisuusjohtamiseen. Resilienssillä tarkoitetaan systeemin kykyä mukautua ympäristön jatkuviin muutoksiin ja häiriöihin säilyttäen silti toimintakykynsä (Steen, Aven 2011). Tähän perustuen resilienssissä turvallisuusjohtamisessa on kehitetty systeemijähteluun perustuvaa turvallisuuskäsitystä pidemmälle, jolloin turvallisuutta kehitetään sosioteknisen systeemin toimintaan perustuen (Woods, Hollnagel 2006, s. 347). Resilienssin saavuttamiseen perustuvat ajatukset ovat haastaneet siirtymään perinteisistä riskien arvioinnin menetelmistä ennakoivaa ja joustavaa toimintaa tukevien menetelmien kehittämiseen (Steen, Aven 2011).

Hollnagel (2011, s. 279) määrittelee resilienssillä organisaatiolla olevan neljä keskeistä kykyä:

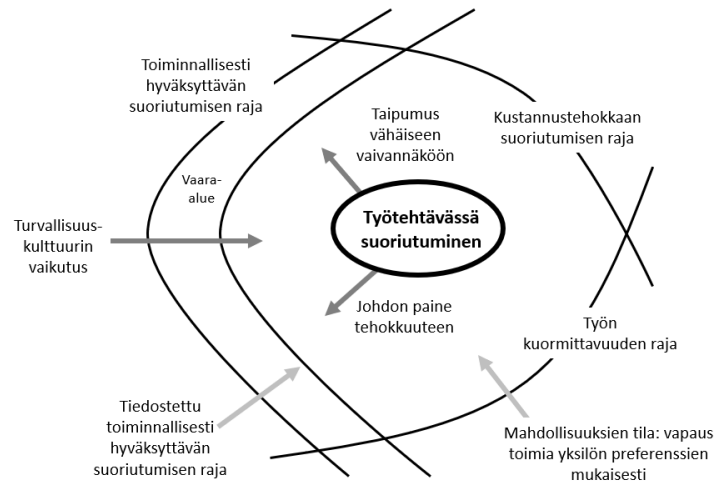
- Muutoksiin, häiriöihin ja mahdollisuuksiin reagointi
- Ympäristön ja systeemin sisäisen toiminnan tarkkailu

- Kokemukseen perustuva oppiminen
- Riskien ja mahdollisuuksien ennakointi

Kuten huomataan, tärkeän osan organisaation resilienssin luomisesta muodostavat vaarojen tarkkailu ympäristöstä ja systeemin sisäisestä toiminnasta sekä riskien ennakointi. Monimutkaisessa sosioteknisessä systeemissä tapahtuu muutoksia ympäristön vaihteluun sopeutumiseksi, jolloin työntekijöihin kohdistuvat vaaratkin voivat muuttua. Tähän perustuen resilientin organisaation on oltava jatkuvasti varuillaan ja päivitettävä tietämystä ympäristöstä ja systeemin toiminnasta, organisaation resursseja sekä osaamista aikaisempien kokemusten perusteella (Woods, Hollnagel 2006, s. 350). Työturvallisuusriskien ennakointiseksi organisaation on siis jatkuvasti päivitettävä tietoa työturvallisuuden keskiössä olevien tekijöiden, eli työntekijöiden ja työympäristön, vuorovaikutuksesta ja siihen vaikuttavista muutoksista.

Työturvallisuuteen liittyy kuitenkin aina ihminen, jonka takia inhimillinen tekijä on väistämättä osa vaaratilanteiden muodostumista (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 73). Inhimillisiin tekijöihin on kuitenkin vaikeampaa vaikuttaa erilaisilla suojausmekanismella vaaratilanteiden ehkäisemiseksi (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 307). Rasmussenin (1997) mukaan tapaturmien ehkäisemisessä onkin luotettu tyypillisesti enemmän kokemuksesta oppimiseen, kun puolestaan prosessiturvallisuuden tapaturmia on ehkäisty ennakoivasti (Rasmussen 1997). Työturvallisuuden vaaratilanteisiin on siis reagoitu herkemmin vasta sitten, kun jotain tapahtuu. Myös Reason (1995) mainitsee, että työntekijöiden toimintaan liittyviä erilaisia erehdyksiä on mahdotonta täysin estää, mutta niitä voidaan pyrkiä hallitsemaan. Työturvallisuuden kehittämisen yksi keskeisimpiä haasteita riskien arvioinnin näkökulmasta on siis työntekijöihin liittyvien inhimillisten tekijöiden hallinta.

Näiden inhimillisten tekijöiden ymmärtäminen edellyttää kuitenkin tarkempaa tarkastelua. Työntekijöiden työssä suoriutumista ohjaavat työskentelylle asetetut tavoitteet ja hallinnolliset, toiminnalliset sekä turvallisuuteen liittyvät rajoitukset (Rasmussen 1997). Esimerkiksi johdon asettamat tuottavuusvaatimukset edellyttävät työn tehokkuutta, mutta työn tekeminen turvallisesti näkyy työohjeiden noudattamisena ja harkitsevana työskentelynä. Lisäksi työskentelyn olosuhteissa voi esiintyä muutoksia, joihin työntekijöiden on sopeuduttava (Rasmussen 1997). Työntekijöillä on myös taipumus painottaa enemmän epäturvallisesta käyttäytymisestä saatavia hyötyjä, kuten vähäisempää vaivannäköä ja tehokkuutta, joka voi johtaa työntekijää vaaralliseen työskentelyyn (Zohar, Erev 2007, Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 79). Tämän perusteella työssä suoriutumiseen vaikuttavat tavoitteet, työlle asetetut rajoitteet sekä ihmisten luontaiset taipumukset tietyissä olosuhteissa, joiden perusteella voidaan määrittää työntekijän työssä suoriutumisen ”tila”. Tässä ”tilassa” liikkuminen riippuu siitä, miten työntekijä mukauttaa toimintaansa edellä mainittujen tekijöiden vaikutusten perusteella tietynlaisessa työtehtävässä suoriutumiseksi. (Rasmussen 1997.) Työtehtävässä suoriutumista ja siihen vaikuttavia tekijöitä havainnollistetaan kuvassa 9.



**Kuva 9.** Työntekijän työtehtävässä suoriutumista kuvaava malli (mukailten Rasmussen 1997)

Rasmussenin (1997) esittelemää mallia työntekijän työssä suoriutumisesta voidaan hyödyntää turvalliseen työskentelyyn vaikuttavien inhimillisten tekijöiden kuvaamiseen riskien arvioinnin näkökulmasta. Tällöin kuvassa 9 kuvattuun tiedostettuun toiminnallisesti hyväksyttävän suoriutumisen rajaan vaikuttavat työntekijöiden kyvykkyys ja tavat havainnoida sekä tulkita työskentelyyn liittyviä riskejä. Laitinen, Vuorinen et al. (2013, s. 74-75) tunnistavat, että riskien tunnistuksessa tapahtuvaan tiedon käsittelyyn vaikuttavat erilaiset inhimilliset tekijät liittyen esimerkiksi arviointia tekevän henkilön oletuksiin, aikaisempaan kokemukseen riskien arvioinnista ja työympäristön toiminnasta. Voi olla esimerkiksi tilanteita, joissa työntekijä ei kykene alhaisen viireystilan vuoksi tunnistamaan työtehtävän suorittamiseen liittyviä riskejä tai tulkitsee niitä väärin. Ihmisen aisteihin perustuva havainnointi onkin yksilöllistä ja siihen liittyy rajoitteita. (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 74-75.)

Riskien arviointi on siis yksilöllistä riippuen siitä, miten riskeihin suhtaudutaan ja niitä tiedostetaan (Kuusela, Ollikainen 2005, s. 30). Laitinen, Vuorinen et al. (2013 s. 75) viittaakin työntekijöiden kokeman riskin olevan subjektiivisen riskin suuruuden arviointia tietynlaista työtehtävää suorittaessa. Haasteena on, että työntekijöille on luontaista vähätellä työhön liittyviä riskejä, koska työn suorittamistavan turvallisuudesta huolimatta vaaratilanteiden todennäköisyys on tyypillisesti alhainen (Zohar, Erev 2007). Zohar & Erevin (2007) mukaan työntekijät saattavat ottaa turhia riskejä työtä tehdessä, kun työntekijä vähättelee epäturvallisesta käyttäytymisestä viiveellä tai pienellä todennäköisyydellä muodostuvia seurauksia tai muiden työympäristössä toimivien henkilöiden turvallisuuteen kohdistuvia seurauksia. Ihmisillä onkin taipumus kohdistaa suurempi riski nykyhetkeä uhkaaville ja seurauksiltaan vakaville tapahtumille kuin ajan myötä merkittävää vaaraa aiheuttaville olosuhteille (Leveson 2015, Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 75). Tällöin kuvassa 9 tiedostettu toiminnallisesti hyväksyttävän suoriutumisen raja siirtyy lähemmäksi toiminnallisesti hyväksyttävän suoriutumisen rajaa.

Leveson (2015) viittaa riskien arviointiin vaikuttavan erilaiset tiedon käsittelyyn ja päätöksentekoon liittyvät vinoumat, jotka esiintyvät muun muassa edellä mainittuina rajoitteina riskien



todennäköisyyden ja seurausten arvioinnissa. Nämä vinoumat vaikuttavat työntekijöiden kokemaan riskiin. Työntekijä saattaa esimerkiksi kiinnittää enemmän huomiota omia näkemyksiä mukailevaan tietoon, joka vähentää erilaisten epävarmuustekijöiden vaikutusta arvioon (Leveson 2015). Riskin todennäköisyyden arviointiin vaikuttaa myös, kuinka hyvin arvioija kykenee hahmotamaan syitä tietyn vaaran olemassaololle tai muistelemaan samankaltaisten vaarojen esiintymistä aikaisemmin työympäristössä tai muissa yhteyksissä. (Leveson 2015, Rundmo 1996). Laitinen, Vuorinen et al. (2013, s. 75) mukaan tilanteen tuttuus vaikuttaa työturvallisuusriskin arviointiin viittaamalla kyseiseen ilmiöön työpaikkasokeutena, jolloin tutussa työympäristössä esiintyviin tyypillisiin riskeihin ei kiinnitetä samalla tavalla huomiota ajan kuluessa. Erilaisia tiedon käsittelyyn ja päätöksentekoon liittyviä vinoumia voi käytännössä vaikea tunnistaa, mutta Leveson (2015) mainitsee, että niitä voidaan kuitenkin pyrkiä vähentämään erilaisin tavoin.

Laitinen, Vuorinen et al. (2013, s. 76) tuovat esille, että työntekijöiden riskien arviointiin vaikuttaa koetun riskin lisäksi työntekijöiden riskitoleranssi eli hyväksytty riskitaso. Jos riskitoleranssi on alhainen, työntekijä välttelee turhien riskien ottamista työtä tehdessä (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 76). Wang, Zou et al. (2016) mukaan rakennusalan työntekijöiden riskitoleranssiin vaikuttavat työntekijän subjektiivinen käsitys riskistä, kuten riskimieltymys, aikaisempi kokemus ja ammattitaito, työskentelyn olosuhteet sekä turvallisuusjohtamiseen liittyvät toimintatavat ja toiminnot. Työturvallisuuden kehittämisen kannalta on olennaista saada alennettua työntekijöiden riskitoleranssia erilaisten toimenpiteiden avulla (Wang, Zou et al. 2016). Erityisesti riskitoleranssiin on pyritty vaikuttamaan erilaisten turvallisuusohjelmien ja -kampanjoiden avulla, joilla voidaan vahvistaa kuvassa 9 tiedostetun toiminnallisesti hyväksyttävän suoriutumisen rajaa (Mitropoulos, Abdelhamid et al. 2005, Rasmussen 1997). Näiden turvallisuusohjelmien ja -kampanjoiden toteutukseen on liitetty kuitenkin haasteita esimerkiksi niiden ylläpidosta ja työntekijöiden suhtautumisesta käyttäytymisen tarkkailun lisäämiseen (Cox, Jones 2006).

Vaaratilanteita voi kuitenkin esiintyä työsuorituksen aikana esimerkiksi kiireen tai muunlaisen inhimillisen virheen vuoksi, (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 77), vaikka työntekijän kokemat riskit olisivat suuria ja riskitoleranssi on alhainen. Tämän perusteella turvalliseen työskentelyyn vaikuttaa myös työsuorituksen erilaiset inhimilliset tekijät. Reasonin (1995) mukaan vaaratilanteiden muodostumiseen vaikuttavia inhimillisiä tekijöitä voidaan jaotella sen perusteella, onko kyse työsuoritukseen vai työn suunnitteluun liittyvä virhe, tiedon käsittelyyn rajoituksiin vai työntekijän motivaatioon perustuva virhe tai muodostuuko inhimillisistä virheistä välittömiä vai välillisiä vaikutuksia. Tällöin työturvallisuuden kehittämiseksi inhimillisten tekijöiden hallintaan ei voida käyttää vain yhtä lähestymistapaa tulosten saavuttamiseksi (Reason 1995).

Rundmon (1996) mukaan työntekijöiden kokema riski on kuitenkin hyvin rajallisesti suoraan vaikutuksessa riskialttiiseen käyttäytymiseen, jolloin työturvallisuuden kehittäminen on perustettava näiden taustalla vaikuttavien tekijöiden tarkasteluun, erityisesti organisaatioon ja työympäristön olosuhteisiin liittyen (Rundmo 1996). Työturvallisuuden kehittämiseksi organisaation on siis ymmärrettävä laaja-alaisesti työskentelyyn vaikuttavia tekijöitä mahdollisten inhimillisten tekijöiden lisäksi. Työntekijöiden käyttäytymisen ymmärtäminen edellyttää käyttäytymiseen vai-

kuttavien tekijöiden tarkastelua toimintaympäristön muuttuvissa olosuhteissa yksittäisten "oikeiden" päätösten tai tapahtumien tarkastelun sijaan (Rasmussen 1997, Leveson 2011). Turvalliseen käyttäytymiseen vaikuttavia tekijöitä ymmärtämällä ja niihin vaikuttamalla työ-  
turvallisuuden kehittäminen ei kuitenkaan ole tehokkainta pitkällä tähtäimellä rajoittamalla merkittävästi työntekijän suoriutumisen "tilaa" muiden työn suorittamiseen vaikuttavien paineiden vuoksi. Tähän perustuen organisaation suositellaan tukevan työntekijöiden turvallista käyttäytymistä luomalla selkeitä ja hyvin viestittyjä työn suorittamiselle asetettuja odotuksia, mutta myös työntekijöiden osaamisen kehittämistä näiden odotuksien puitteissa. (Rasmussen 1997.)

## 4. VIITEKEHYS TEKOÄLYN HYÖDYNTÄMISEEN TYÖTURVALLISUUSRISKIEN ARVIOINNISSA

Työssä aikaisemmin esitellyt tekoälyteknologiat soveltuvat erilaisin tavoin työturvallisuusriskien arvioinnin tukemiseen, mitä tarkastellaan tässä kappaleessa tarkemmin. Ottamalla vaikutteita IT-innovaatioiden käyttöönottoon liittyvästä kirjallisuudesta ja tarkastelemalla tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavia erilaisia tekijöitä ja niiden vaikutuksen luonnetta, muodostetaan kappaleessa tekoälysovellusten käyttöönottoa työturvallisuusriskien arvioinnissa kuvaava malli tekoälyä hyödyntävien yksilöiden ja organisaation näkökulmasta.

### 4.1 Tekoälysovellukset riskien arvioinnissa

Tässä kappaleessa tarkastellaan, miten koneoppimista, luonnollisen kielen käsittelyä, kone-näköä, asiantuntijajärjestelmiä ja robotiikkaa on hyödynnetty riskien arvioinnin tehtäviin kirjallisuuden perusteella. Yleisesti tutkimus tekoälyn hyödyntämisestä turvallisuusjohtamisessa on vielä vähäistä, mutta ollut aktiivisempaa 2010-luvulla erityisesti rakennusalan tutkimuksissa.

#### Koneoppimisen ja luonnollisen kielen käsittelyn sovellukset

Koneoppimisella voidaan tapaturmiin ja läheltä piti -tilanteisiin liittyvää dataa hyödyntämällä analysoida tapaturmien ja läheltä piti -tilanteiden syitä ja tunnistaa erilaisia trendejä vaaratilanteiden muodostumisessa (Cheng, Lin et al. 2010, Cheng, Yao et al. 2013, Squillante Jr, Santos Fo et al. 2018, Sanmiquel, Rossell et al. 2015, Liao, C., Perng 2008, Dindarloo, Pollard et al. 2016) sekä ennakoida vaaratilanteiden esiintymistä ja vakavuutta (Cheng, Leu et al. 2012, Ayhan, Tokdemir 2019, Rivas, Paz et al. 2011, Davoudi Kakhki, Freeman et al. 2019, Sarkar, Vinay et al. 2019, Mistikoglu, Gerek et al. 2015, Goh, Chua 2013). Vaaratilanteiden analysoinnin yhteydessä voidaan myös muodostaa jokaista tapaturmaa kuvaava riski-indeksi (Bevilacqua, Ciarapica et al. 2008) tai laajemmin työmaan riskitasoa kuvaava indikaattori turvallisuustason seuraamiseksi (Poh, Ubeynarayana et al. 2018, Hajakbari, Minaei-Bidgoli 2014). Vaaratilanneraporttien lisäksi koneoppimisen datalähteinä on hyödynnetty esimerkiksi vakuutusyhtiöiden korvausvaatimuksiin liittyvää tapaturmadataa (Davoudi Kakhki, Freeman et al. 2019) ja projekti-dokumentaatiota (Squillante Jr, Santos Fo et al. 2018).

Koneoppimisen tekniikoiden hyödyllisyys on siis tunnistettu erityisesti vaaratilanteisiin liittyvän datan analyysissa ja sen pohjalta vaaratilanteiden ennakoimisessa aikaisempiin menetelmiin verrattuna. Kuten aikaisemmin on mainittu, tämä perustuu koneoppimisen, erityisesti syväoppimisen algoritmien, kykyyn käsitellä suuria datamääriä ja suoriutua monimutkaisten ja epälineaaristen kaavojen analysointia vaativista tehtävistä (LeCun, Bengio et al. 2015, Najafabadi, Villanustre et al. 2015). Tilastolliset menetelmät pystyvätkin heikosti kuvaamaan esimerkiksi tapaturmien ja niiden taustalla olevien syiden epälineaarisia suhteita (Rivas, Paz et al. 2011). Koneoppimisella voidaan siis tehostaa vaaratilanteisiin liittyvän datan analyysia, lisätä

analyysin objektiivisuutta asiantuntijan tekemään analyysiin verrattuna ja tukea päätöksentekoa turvallisuusriskeihin vaikuttamiseksi (Sarkar, Vinay et al. 2019).

Kirjallisuuden perusteella luonnollisen kielen käsittelyä on hyödynnetty riskien arvioinnin tukemiseen koneoppimiseen verrattuna vähemmän. Toisaalta koneoppimiseen ja luonnollisen kielen käsittelyyn liittyviä julkaisuja on vaikea erotella, sillä tekstin analysointiin liittyvissä julkaisuissa ei ole välttämättä viitattu luonnollisen kielen käsittelyn termiin, ainoastaan koneoppimiseen. Kirjallisuuden perusteella luonnollisen kielen käsittelyyn viitatuissa julkaisussa luonnollisen kielen käsittelyä on hyödynnetty tekstin tunnistukseen tapaturmaraporteista (Kim, T., Chi 2019, Tixier, A. J. P., Hallowell et al. 2016) ja läheltä piti -tilanneraporteista (Hughes, Shipp et al. 2018, Taylor, J. A., Lacovara et al. 2014) sekä joukosta erilaisia turvallista työskentelyä tukevia dokumentteja, kuten tietokannat ja turvallisuustandardit, työn turvallisuusanalyysin tueksi (Chi, Lin et al. 2014). Myös tapaturmiin liittyvien korvausvaatimusten tekstisisältöä on käytetty tapaturmien piirteiden tunnistamiseksi (Smith, Timmons et al. 2006). Mainintoja puhesynteesiin, tekstin ja puheen automaattiseen käännökseen tai puheentunnistukseen liittyviin luonnollisen kielen käsittelyn sovelluksiin ei löydetty kirjallisuuden perusteella.

Luonnollisen kielen käsittelyä on siis hyödynnetty tekstin tunnistamiseen erilaisista digitaalisista turvallisuuskirjoituksista. Luonnollisen kielen käsittely soveltuu näiden dokumenttien analysointiin, mikäli ne sisältävät vapaamuotoista tekstiä esimerkiksi vaaratilanteiden olosuhteiden kuvauksesta, jota ei voida hyödyntää suoraan sellaisenaan data-analyysissa ja niiden manuaalinen läpikäynti on aikaa vievää (Kim, T., Chi 2019, Tixier, A. J. P., Hallowell et al. 2016, Hughes, Shipp et al. 2018). Tekstin tunnistukseen voidaan hyödyntää joko sääntöperusteisia menetelmiä tai koneoppimisen tekniikoita, jotka lisäävät analyysin tehokkuutta. Tekstin tunnistusta tietynlaisesta tekstisisällöstä ohjataan arvioimalla sanojen semanttista samankaltaisuutta, joka voi perustua turvallisuuteen ja toimialaan liittyvään sanastoon tai tietynlaisten avainsanojen toistumisen tarkasteluun. (Kim, T., Chi 2019).

Koneoppimisen ja luonnollisen kielen käsittelyn sovelluksista on hyötyä riskien arvioinnissa erityisesti vaarojen tunnistamisessa ja riskien suuruuden määrittelemisessä. Vaaratilanneraporttien analysoinnin tehostaminen mahdollistaa vaaratilanteiden syvällisemmän ymmärtämisen ja dataan perustuvan riskien suuruuden arvioinnin hyödyntämällä historiallista tietoa niiden seurauksista ja esiintymistiheyksistä. Käytännössä tapaturmaraportin analyysi voi tarkoittaa esimerkiksi Tixier, A. J. P, Hallowell et al. (2016) mukaan vaaratilanteisiin liittyvien olosuhteiden tunnistamista sekä niiden seurausten luokittelua sen perusteella, mihin ruumiinosaan vahinko on kohdistunut ja kuinka vakava vahinko on syntynyt. Raporttien analyysi voi paljastaa myös uusia vaaratekijöitä tai trendejä vaaratilanteiden muodostumisessa, joita ei ole aikaisemmin huomattu (Hughes, Shipp et al. 2018).

### **Konenäkösovellukset**

Konenäköön perustuvat tekoälysovellukset työntekijöiden ja työympäristön valvontaan ovat selvästi herättäneet kiinnostusta riskien arvioinnin tukemisessa. Konenäkösovellukset on tunnistettu hyödylliseksi erilaisten vaaratilanteiden tunnistamisessa epäturvallisten olosuhteiden ja toimin-

nan perusteella (Seo, Han et al. 2015, Gong, Caldas et al. 2011, Han, Lee 2013, Ding, Fang et al. 2018). Vaarojen ja niille mahdollisen altistumisen tunnistamiseen liittyy työympäristön jatkuva tarkkailu työntekijöiden havainnoissa työympäristön tapahtumia, mikä on aikaa vievää (Seo, Han et al. 2015, Yang, Arif et al. 2010). Konenäköä hyödyntämällä on siis mahdollisuus automatisoida tätä manuaalista havainnointia hyödyntämällä työympäristöstä kerättävää kuvadataa.

Työntekijöiden ja työympäristön havainnointiin sovellettava konenäkötekniikka riippuu siitä, millaista tietoa kuvista halutaan erotella ja tunnistaa (Seo, Han et al. 2015). Seo, Han et al. (2015) jakaa konenäkötekniikoita sen perusteella, onko tavoitteena objektin tunnistus, objektin paikallistaminen vai tietynlaisen toiminnan tunnistaminen. Tällöin konenäöllä voidaan tunnistaa kuvassa esiintyviin objekteihin liittyviä riskejä, niiden sijaintiin liittyviä riskejä tai tietyn tyyppiseen toimintaan liittyviä riskejä. Erilaisten objektien tunnistus toimii kuitenkin edellytyksenä objektien paikallistamiselle tai toimintatyyppin tunnistamiselle. (Seo, Han et al. 2015.) Objektin tunnistus tarkoittaa yksinkertaisimmillaan työntekijöiden tunnistamista ja suojavarusteiden käytön arviointia (Park, Brilakis 2012). Käytännössä objektin, kuten työntekijän suojakypärän, tunnistus perustuu objektin ennalta määriteltujen piirteiden, kuten muodon ja värin, esiintymisen etsintään kuvassa. Tällöin hyödynnettävä kuva jaetaan pienempiin osiin objektin piirteiden tunnistamiseksi, jonka jälkeen kuvassa oleva objekti luokitellaan näiden piirteiden perusteella. (Seo, Han et al. 2015.)

Objektien paikallistamisella puolestaan tarkoitetaan muun muassa yksittäisten työntekijöiden ja muiden objektien, kuten kaluston, liikkeen seuraamista (Park, Koch et al. 2012, Teizer, Vela 2009, Memarzadeh, Golparvar-Fard et al. 2013), useampien työntekijöiden liikkeen samanaikaista seuraamista (Yang, Arif et al. 2010) tai työntekijöiden työskentelyalueen turvallisuuden arviointia työkoneiden ja työntekijöiden välisen etäisyyden perusteella (Kim, H., Kim et al. 2016). Paikallistamista voidaan myös hyödyntää työkoneiden tai muun kaluston vaarallisen käytön arviointiin. Käytännössä objektien paikallistaminen toteutetaan tunnistamalla kuvasta ensin analyysin kannalta kiinnostava objekti, jonka liikeradan muuttumista kuvasarjassa seurataan ja ennakoidaan jäljityksen avulla. (Seo, Han et al. 2015.) Paikallistaminen viittaa siis ennalta määritellyn objektin sijainnin ja liikkeen tarkasteluun.

Työympäristössä tietynlaisen toiminnan tunnistaminen konenäöllä voi tarkoittaa esimerkiksi työntekijöiden toimintatyyppin, kuten kävelyn, tunnistamista (Gong, Caldas et al. 2011), työasennon ergonomisuuden arviointia (Yu, Yang et al. 2019) tai tikkaille kiipeämistavan turvallisuuden arviointia (Han, Lee 2013, Ding, Fang et al. 2018). Toiminnan tunnistamiseen keskittyvällä konenäkötekniikalla voidaankin tunnistaa turvallisuuspuutteita työntekijöiden työskentelytavoissa, mutta myös työkoneiden ja työntekijöiden välisessä vuorovaikutuksessa. Käytännössä toiminnan tunnistaminen perustuu siihen, että ensin kuvassa oleva objekti kuvataan sen piirteiden, esimerkiksi siluetin tai työntekijöiden osalta ihmisen nivelten sijainnin, perusteella. Tämän jälkeen objektin toiminta luokitellaan ja sitä verrataan ohjeistuksien ja sääntöjen mukaiseen toimintaan. (Seo, Han et al. 2015.)

Konenäkösovelluksilla voidaan edistää mahdollisten vaaratilanteiden ennakointia ja niihin reagoitakykyä kehittämällä riskien tunnistuksen reaaliaikaisuutta, tehokkuutta ja tarkkuutta. Työ-

ympäristön havainnointia tehostamalla voidaankin kasvattaa työntekijöiden tietoisuutta työympäristöön liittyvistä riskeistä (Kim, H., Kim et al. 2016). Konenäkösovelluksia on kuitenkin kehitettävä vielä pidemmälle, jotta niistä olisi laajemmin hyötyä todellisissa työolosuhteissa. Seo, Han et al. (2015) mukaan riskien arvioinnin tukemiseksi konenäöllä on ymmärrettävä laajalaisemmin erilaisia työolosuhteiden kuvaavia tilanteita ja peitealueiden muodostuminen työympäristössä muodostaa haasteita objektien tunnistukselle. Tästä syystä konenäkösovelluksen yhteydessä on harkittava kameroiden määrää ja niiden sijoittamispaikkoja mahdollisimman laajan alueen kuvaamiseksi, mutta toisaalta kamerasiirron hyödyntäminen kaikkialla työympäristössä tai tietynlaisiin työtehtäviin ei välttämättä ole tarpeen tai mahdollistakaan. Konenäkösovellusten käyttöönotto edellyttää myös organisaation johdon tarkkaa harkintaa datan käsittelyn asianmukaisuudesta tietosuojalain mukaisesti ja turvallisuuspuutteiden tunnistusta ohjaavien sääntöjen määrittämisestä, esimerkiksi työkoneiden ja työntekijöiden turvallisesta välimatkasta. Lisäksi työntekijät saattavat suhtautua negatiivisesti työskentelyn tarkkailun lisäämiseen. (Seo, Han et al. 2015.)

### **Asiantuntijajärjestelmäsovellukset**

Riskien arviointiin soveltuvista asiantuntijajärjestelmistä olisi ollut odotettavissa löytää enemmän kirjallisuusviitteitä, koska asiantuntijajärjestelmät edustavat kypsyneempää tekoälyteknologiaa. Asiantuntijajärjestelmiä on kuitenkin hyödynnetty kirjavasti riskien arvioinnin tehtäviin. Esimerkkeihin lukeutuvat riskitekijöiden ja niiden välisten suhteiden analysointi (Hadjimichael 2009), työympäristön turvallisuusanalyysi (Lilić, Obradović et al. 2010), turvallisuustoimintaan liittyvän suoriutumisen arviointi (Azadeh, Fam et al. 2008, Cheung, Cheung et al. 2004), tapaturmien analysointi (Lee 2002), työntekijöiden tilannetietoisuutta tukeva prosessiturvallisuuden valvonta (Naderpour, Lu 2012), tilastollisen epävarmuuden huomioiva työriskien arviointi (Amiri, Ardeshtir et al. 2017), työtapaturmien riskitason kuvaaminen (McCauley-Bell, Badiru 1996, Gürçanlı, Müngen 2009) ja reaaliaikainen riskienhallinnan päätöksenteon tuki (Paté-Cornell, Regan 1998). Monet työturvallisuusriskien arvioinnin kontekstissa esiintyneet asiantuntijajärjestelmät ovat sumeaa logiikkaa hyödyntäviä sääntöperusteisia järjestelmiä (Hadjimichael 2009, Azadeh, Fam et al. 2008, Naderpour, Lu 2012, Amiri, Ardeshtir et al. 2017, McCauley-Bell, Badiru 1996, Gürçanlı, Müngen 2009).

Asiantuntijajärjestelmä voi olla yksi tietojärjestelmäkokonaisuuden moduuleista. Esimerkiksi Paté-Cornell & Reganin (1998) esittämässä riskienhallintajärjestelmässä asiantuntijajärjestelmämoduuli tarjoaa suosituksia kohonneen riskin hallintakeinoista. Asiantuntijajärjestelmän rooli voi olla myös toisen tekoälyteknologian tuottamien tulosten analyysissa. Esimerkiksi konenäkösovelluksella tunnistettuihin työympäristön erilaisiin objekteihin liittyviä vaaroja voidaan analysoida asiantuntijoiden määrittelemien turvallisuutta kuvaavien sääntöjen perusteella työympäristön turvallisuustason kuvaamiseksi ja sen kohoamisesta hälyttämiseksi (Kim, H., Kim et al. 2016). Asiantuntijajärjestelmämoduulia on hyödynnetty myös vaaratilanteiden ennustamiseen koneoppimisella tuotettujen tulosten tarkkuuden parantamiseksi (Ayhan, Tokdemir 2019).

Asiantuntijajärjestelmillä voidaan tukea eri riskien arviointiprosessin vaiheita sovelluksen luonteesta riippuen, mutta tyypillisesti riskien merkittävydestä päättämisen vaihe on jätetty ihmisen arvioinnin varaan. Esimerkiksi Cheung, Cheung et al. (2004) esittelemä asiantuntijajärjestelmä muodostaa järjestelmän käyttäjälle tehokkaasti koosteen turvallisuuden mittareista, jonka sisältöä asiantuntija tulkitsee. Vastaavasti Hadjimichael (2009) esittelee ilmailualan riskien arvioinnin asiantuntijajärjestelmän, joka muodostaa kvantitatiivisen riski-indeksin jokaiselle lennolle, mutta asiantuntijan vastuulla on määrittää edellytykset lentokoneen lentoon lähtemiselle. Luconi, Malone et al. (1986) mukaan asiantuntijajärjestelmän ei ole tarkoituskaan korvata asiantuntijaa työssään vaan tarjota tukea päätöksentekoprosessiin. Asiantuntijajärjestelmällä voidaan siis automatisoida riskien arviointiin liittyviä tehtäviä siten, että turvallisuusjohtamisen asiantuntija kykenee keskittymään enemmän arvoa tuottaviin työtehtäviin.

### **Robottiikkasovellukset**

Perinteisesti robotiikan hyödyntämisen tarkoituksena on lisätä työprosessien tehokkuutta automatisoimalla ihmisen tekemiä työtehtäviä esimerkiksi teollisuudessa. Kirjallisuudessa on kuitenkin tutkittu robottien roolia enemmänkin uusien turvallisuusriskien aiheuttajana, kun robotiikan hyödyntäminen työprosesseissa muuttaa työympäristön toimintaa (Bartneck, Kulić et al. 2009, Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 51, De Santis, Siciliano et al. 2008, Brocal, González et al. 2018). Tämän perusteella robotiikan hyödyntämismahdollisuudet työturvallisuusriskien arvioinnin tehtävissä eivät ole selkeitä.

Toisaalta riskienhallinnan näkökulmasta kenttäroboteilla voitaisiin vähentää työntekijöiden altistumista erilaisille työskentelyyn liittyville vaaroille korvaamalla työntekijä vaarallisen työtehtävän suorittamisessa, kuten esimerkiksi avaruuden tutkimisessa (Muscettola, Nayak et al. 1998). Tällöin kenttärobotti kuitenkin edustaa riskienhallinnan toimenpidettä tietynlaisiin työskentelyyn liittyvien riskien vähentämiseksi eikä siten liity riskien arvioinnin sisältöön riskien tunnistamisesta ja analyysistä. Kirjallisuuden perusteella robotiikka ei siis sovellu riskien arviointiin liittyviin tehtäviin työturvallisuuden edistämiseksi vaan riskien arvioinnin tuloksena voisi olla suositus robotiikan soveltamisesta tietynlaiseen vaaralliseen työtehtävään.

## **4.2 Tekoälyn käyttöönotto**

Tekoälyn käyttöönotto organisaatioissa on vielä varhaisessa vaiheessa, sillä monet organisaatiot ovat vasta kokeilemassa erilaisia tekoälysovelluksia (Bughin, Hazan et al. 2017, Ransbotham, Kiron et al. 2017, Chui, Malhotra 2018). Tällöin tekoälyn käyttöönoton tarkastelu todellisten käytätapausten perusteella on tahtomattakin rajoittunutta. Erityisesti tekoälyn käyttöönottoon liittyvät kokemukset ovat keskittyneet tietyille toimialoille, kuten finanssialalle, sekä Amazonin ja Googlen kaltaisiin suuriin teknologiayrityksiin (Bughin, Hazan et al. 2017). Mikäli katsotaan investointeja yksittäisiin tekoälyteknologioihin, yritykset ovat investoineet tyypillisemmin koneoppimiseen ja konenäköön perustuviin sovelluksiin (Chui, Malhotra 2018). Tämä on loogista, koska koneoppimisovellusten käyttöönotto on nopeampaa ja yksinkertaisempaa kuin esimerkiksi useampaa eri teknologiaa hyödyntävien robottien kehittäminen. Koneoppimisen tekni-

kat mahdollistavat myös monien muiden tekoälytekniologioiden hyödyntämisen. (Bughin, Hazan et al. 2017.)

Luonnollisesti linjassa tekoälyn alhaisen käyttöönotton tason kanssa kirjallisuus tekoälyn käyttöönotosta on vähäistä ja tietoa on löydettävissä pääasiassa eri konsultointiyritysten tekemistä raporteista tai muista kaupallisista julkaisuista. Erityisesti Davenport & Ronanki (2018) sekä Bughin, Hazan et al. (2017) ovat tarkastelleet tekoälyn käyttöönottoprosessia ja siihen vaikuttavia tekijöitä tavoitteenaan tukea tekoälyn laajempaa käyttöönottoa organisaatioissa. Bughin, Hazan et al. (2017) määrittelee viisi keskeistä vaihetta onnistuneeseen tekoälyn käyttöönottoon:

1. Käyttökohteiden tunnistus
2. Dataresurssien kartoitus ja muodostus
3. Tekoälytekniologioiden valinta ja riittävän osaamisen varmistus
4. Tekoälyn integrointi työprosesseihin
5. Avoimen organisaatiokulttuurin kehitys

Tekoälyn käyttöönoton alkuvaiheessa organisaation on tunnistettava organisaatioiden tarpeiden perusteella kaikista hyödyllisimmät tekoälyn käyttökohteet, jotka tukevat yrityksen strategisten tavoitteiden saavuttamista (Bughin, Hazan et al. 2017). Davenport & Ronanki (2018) tunnistavat liiketoimintaprosesseissa tekoälylle soveltuvan tehtävät, joihin liittyvää dataa ei ole saatu hyödynnettyä tehokkaasti päätöksenteon tueksi. Erityisesti koneoppiminen soveltuu työtehtäviin, jotka toistuvat säännöllisesti, niiden toteutus on itsenäistä ja suhteellisen nopeaa sekä tehtävän luonteeseen liittyy asioiden ennustamista tai luokittelua johdonmukaisella tavalla (Hume 2017). Tekoälyn käyttökohteiden tunnistamisen jälkeen organisaation on suositeltavaa erotella käyttökohteita sen perusteella, mihin on olemassa valmiita tekoälyratkaisuja ja mitkä voisivat olla tulevaisuuden käyttökohteita teknologioiden kehittyessä pidemmälle (Bughin, Hazan et al. 2017). Tähän perustuen Davenport & Ronanki (2018) varoittavat organisaatioita kunnianhimoisuudesta tekoälyn käyttökohteita arvioitaessa, sillä nykyisten prosessien tehostamiseen keskittyvillä tekoälyhankkeilla on todettu olevan suurempi todennäköisyys onnistua.

Tekoälyn käyttöönotto ei ole mahdollista ilman soveltuvaa dataa. Tämän takia tekoälyn edellyttämien dataresurssien kartoitus ja muodostus on seuraava vaihe tekoälyn käyttöönotossa käyttökohteiden tunnistuksen jälkeen. Dataresurssien kartoituksessa luodaan tietoisuutta organisaation nykyisistä dataresursseista, niiden saatavuudesta ja datan käsittelyyn liittyvistä prosesseista, jotta varmistutaan datan soveltuvuudesta tekoälyn käyttökohteisiin jo algoritmien opetusvaiheessa. Tekoälyn käyttökohde saattaa edellyttää esimerkiksi tietynlaisessa muodossa olevaa dataa, dataa useasta eri lähteestä tai reaaliaikaista dataa. (Bughin, Hazan et al. 2017.)

Erilaisiin tekoälyn käyttökohteisiin soveltuvat erilaiset tekoälyteknologiat. Davenport & Ronanki (2018) painottavat, että teknologioiden soveltuvuuden arvioimiseksi organisaatioiden on lisättävä ymmärrystä erilaisista tekoälyteknologioista ja niiden ominaisuuksista. Tähän perustuen tekoälyn onnistunut käyttöönotto edellyttää riittävää tekoälyosaamista, jota voidaan kehittää yrityksen sisäisesti, muodostamalla kumppanuussuhteita ulkoisten IT-toimittajien kanssa tai esimerkiksi



ostamalla tekoälyosaamista omaava yritys. (Bughin, Hazan et al. 2017.) Tekoälyn käyttöönotto edellyttää teknistä osaamista, teknistä ja liiketoiminnallista ymmärrystä yhdistävää osaamista sekä projektinhallintaosaamista tekoälysovellusten suunnitteluksi ja kehittämiseksi (Ransbotham, Kiron et al. 2017). Käytännössä tämä tarkoittaa erityisesti data-analytiikan asiantuntijoita, jolloin puhutaan usein data scientist -työnimikkeestä (Bughin, Hazan et al. 2017, Davenport, Ronanki 2018).

Tekoälyn käyttöönotto voi radikaalistikin muuttaa työprosesseja. Organisaation on pohdittava tekoälyn vaikutuksia työprosesseihin erilaisissa käyttökohteissa, jotta tekoälysovelluksia hyödynnettäisiin tehokkaasti työprosessien tukena ja työntekijät keskittyvät arvoa tuottavien asioiden tekemiseen (Bughin, Hazan et al. 2017, Ransbotham, Kiron et al. 2017). Työprosessien muutosten yhteydessä on tärkeää huolehtia, että työntekijät tuntevat roolinsa työtehtävien suorittamisessa muutoksien jälkeen. Toisaalta pidemmällä tähtäimellä organisaatiokulttuurin on mukauduttava tekoälyn laajemman hyödyntämisen tukemiseksi, jotta koneiden ja ihmisten välinen yhteistyö olisi mahdollisimman saumatonta. (Bughin, Hazan et al. 2017).

Bughin, Hazan et al. (2017) määrittelemät tekoälyn käyttöönottovaiheet eivät kuitenkaan tarjoa riittävästi tukea yksittäisten tekoälysovellusten käyttöönoton tarkasteluun organisaation ja tekoälyä hyödyntävien yksilöiden näkökulmasta. Tekoälysovellusten käyttöönottoprosessin ja siihen vaikuttavien tekijöiden tarkastelu ovat jääneet kirjallisuudessa myös kaupallisissa julkaisuissa vähemmälle huomiolle. Mikäli tekoälyä tulkitaan tietoteknisenä innovaationa eli IT-innovaationa, voidaan tekoälyn käyttöönoton tarkastelua tukea innovaatiojohtamisen kirjallisuudella. Tietotekninen innovaatio voidaan määritellä uusien tietoteknisten teknologioiden kehittämisenä ja soveltamisena tietyssä organisaatiokontekstissa (Lyytinen, Rose 2003). Koska tekoälyn käyttöönotto organisaatioissa on vielä varhaisessa vaiheessa, tekoälyn tarkastelu innovaatiojohtamisen näkökulmasta on perusteltua.

Tietotekniikan käyttöönottoprosessin ja siihen vaikuttavien tekijöiden tarkastelu erilaisissa organisaatiokonteksteissa on ollut pitkään kiinnostuksen kohteena teknologia- ja innovaatiojohtamisessa, jotta uusien tietoteknisten ratkaisujen käyttöönotossa onnistutaan (Hameed, Counsell et al. 2012). Tämä näkyy käytännössä kirjallisuudessa erilaisina innovaation käyttöönottomalleina, jotka tarkastelevat innovaation käyttöönottoa usein joko organisaatio- tai yksilötasolla (Hameed, Counsell et al. 2012). Taylor, S. & Todd (1995) kuvaavat, että IT-innovaatioiden käyttöönoton kuvailuun on muodostunut kirjallisuudessa kaksi eri suuntausta. Ensimmäisessä suuntauksessa on tarkasteltu tekijöitä, jotka vaikuttavat IT-innovaatioiden käyttöaikomukseen ja toisessa suuntauksessa IT-innovaatioiden käyttöä on tarkasteltu innovaatioiden diffuusioon liittyvän kirjallisuuden kautta (Taylor, S., Todd 1995).

Hameed, Counsell et al. (2012) tarkastelevat IT-innovaation käyttöönottoa organisaation ja IT-innovaatiota hyödyntävien yksilöiden näkökulmasta yhdistellen tunnetuimpia IT-innovaation käyttöönottoa kuvaavien mallien piirteitä kummastakin kirjallisuussuuntauksesta. Tällöin organisaatiotasolla IT-innovaation käyttöönotto viittaa tietämyksen lisäämiseen innovaatiosta ja sen käyttöönoton edellytyksistä, kun puolestaan yksilötasolla analysoidaan IT-innovaation käyttäjien

hyväksyntää ennakoiden IT-innovaation todellista käyttöä. Tähän perustuen Hameed, Counsell et al. (2012) tunnistavat IT-innovaation käyttöönottoon vaikuttavan erilaiset tekijät liittyen IT-innovaation, organisaation, ympäristön ja organisaation toimitusjohtajan ominaisuuksiin sekä IT-innovaation käyttäjien hyväksyntään (Hameed, Counsell et al. 2012). Näiden ominaisuuskategorioiden perusteella voidaan kartoittaa, millaiset tekijät vaikuttavat tekoälysovellusten käyttöönottoon riskien arvioinnissa tekoälykirjallisuuden perusteella. Pohdinnoissa käytetään hyväksi Hameed, Counsell et al. (2012) tekemää kirjallisuuskatsausta IT-innovaatioiden käyttöönottoon vaikuttavista tekijöistä jokaisessa ominaisuuskategoriassa.

### **Tekoälyn ominaisuuksia kuvaavat tekijät**

Tekoälyn käyttöönottoon vaikuttaa tekoälyn ominaisuuksia kuvaavat tekijät, jotta tekoälyn kaltaisen IT-innovaation käyttöönottoa edes harkitaan organisaatioissa. Kirjallisuuden perusteella tekoälyn suhteellinen etu nykyisiin menetelmiin verrattuna vaikuttaa tekoälyn kohdistuvaan kiinnostukseen ja tekoälyn hyödyntämiseen liitetäänkin runsaasti liiketoiminnallisia hyötyjä (Bughin, Hazan et al. 2017, Ransbotham, Kiron et al. 2017, Davenport, Ronanki 2018). Toisaalta näiden hyötyjen toteutumiseen vaikuttaa olennaisesti tekoälyteknologioiden yhteensopivuus tietynlaiseen käyttökohteeseen ja organisaatiokontekstiin (Bughin, Hazan et al. 2017).

Tekoälyn käyttöönottoon liittyy haaste algoritmien toimintalogiikan ymmärtämisestä (Bughin, Hazan et al. 2017, Chui, Manyika et al. 2018), jolloin tekoälyn koettu monimutkaisuus voi ehkäistä käyttöönottoa. Mikäli tekoälyn toimintaa on vaikea hahmottaa, innokkuus käyttöönottoon voi olla alhaisempaa. Ailisto, Heikkilä et al. (2018, s. 42) viittaa tähän tekoälyteknologioiden kehityksen avoimuuden haasteena, jolloin tekoäly-ymmärrystä voitaisiin kehittää jakamalla aktiivisesti tietoa tekoälystä, käytettävistä lähdekoodista sekä osaamista eri tahojen välillä. Organisaatioiden onkin panostettava algoritmien toiminnan ymmärrykseen, jotta algoritmien päätöksentekoa voidaan kuvata tarvittaessa myös kolmansille osapuolille (Bughin, Hazan et al. 2017).

Toisaalta tekoälyteknologioiden kehitys on jatkuvaa ja tekoälyn käyttöönottoaste suhteellisen alhainen, jolloin kypsymättömien teknologioiden käyttöönottoon liittyy luonnollisesti riskejä. Nämä riskit liittyvät erityisesti tekoälyn toiminnan turvallisuuteen ja hallintaan, jota vaikeuttaa vakiintuneiden menetelmien puute tekoälyteknologioiden käytön validoinnissa. (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 42, Davenport, Ronanki 2018). Jotta tekoälysovellus sosisikin työturvallisuuden kehittämiseen, on riskienhallinnan näkökulmasta varmistettava, että sovelluksen käyttöönotosta ei muodostu uusia vaaroja tai haitallisia vaikutuksia olemassaoleviin riskeihin.

Tekoälyn ominaisuuksia kuvaa myös tekoälyn kokeiltavuus. Kun valinta tietynlaiseen käyttökohteeseen soveltuvasta tekoälyteknologiasta on tehty, yrityksiä rohkaistaan joustaviin liikkeisiin toteuttamalla pienen mittakaavan tekoälypilotteja, jotta tekoälyn vaikutuksia tietyssä käyttökohteessa voidaan arvioida nopeasti (Bughin, Hazan et al. 2017, Davenport, Ronanki 2018). Näiden pilottien avulla voidaan luoda johtopäätöksiä siitä, vastaako tekoälyn käyttöönotto organisaation tarpeeseen. Mitä aikaisemmin tekoälyn yhteensopivuudesta ja suhteellisesta edusta varmistutaan, sitä suuremmalla todennäköisyydellä tekoälyhankkeeseen sitoudutaan.

### Organisaation ominaisuuksia kuvaavat tekijät

Tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavia organisaation ominaisuuksia kuvaavia tekijöitä ilmeni kirjallisuudessa runsaasti. Näitä tekijöitä tunnistettiin sen perusteella, millaisia organisaation piirteitä tekoälyn aikaisilla omaksujilla on havaittu, mutta myös millaisten organisaatiotekijöiden arvioidaan edistävän tekoälyn laajempaa käyttöönottoa.

Organisaation liiketoimintaprosessien korkea digitalisaatioaste tukee tekoälyn käyttöönottoa (Bughin, Hazan et al. 2017, Chui, Manyika et al. 2018, Ailisto, Neuvonen et al. 2019, s. 40). Tällöin organisaatiolla on odotettavasti enemmän digitalisaatioon liittyvää kokemusta, osaamista sekä soveltuvia dataresursseja tekoälyn käyttöönottamiseksi (Bughin, Hazan et al. 2017). Tekoälyn käyttöönoton valmiudet ovat siis paremmat, mitä vahvemmin organisaatio on aikaisemmin hyödyntänyt automatisaatiota ja data-analytiikkaa liiketoimintaprosesseissa (Harrison, O'Neill 2017). Tällöin myös työturvallisuusriskien arvioinnissa tekoälyn käyttöönottoa edistää turvallisuuden hallintaan liittyvien tehtävien digitalisaatio ja aikaisempi kokemus dataan perustuvasta päätöksenteosta.

Tekoälyn käyttöönotossa datan keräämiseen ja valmisteluun kuluu tyypillisesti paljon aikaa, johon vaikuttavat organisaation dataresurssien ominaisuudet (Ransbotham, Kiron et al. 2017). Tekoälyn käyttöönottoon vaikuttaviin tekijöihin lukeutuvat dataresurssien määrä, saatavuus, laatu ja reaaliaikaisuus sekä dataresurssien hallinta (Ransbotham, Kiron et al. 2017, Ailisto, Neuvonen et al. 2019, s. 45-46, Jagadish, Gehrke et al. 2014). Ransbotham, Kiron et al. (2017) mukaan tekoälylle soveltuvaa dataa voi olla vaikeaa muodostaa riippuen datan omistavasta tahosta ja sen hajautuneisuudesta useisiin eri tietojärjestelmiin. Toisaalta mikäli tietynlaista tehtävään liittyvää laadukasta historiallista dataa ei ole riittävästi, ei algoritmi kykene saavuttamaan hyvää suorituskkyä (Ransbotham, Kiron et al. 2017). Erityisesti työturvallisuusriskien arvioinnissa algoritmien edellyttämän opetusdatan kerääminen saattaa olla tehtävästä riippuen hankalaa, sillä algoritmin opettaminen edellyttää niin ”positiivisia” kuin ”negatiivisia” opetusesimerkkejä vaaratilanteiden erottamiseksi. Turvallisuuskriittisissä käyttökohteissa opetusdatan muodostaminen vaaratilanteisiin liittyvistä tapauksista voikin olla hankalaa (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 46).

Organisaation on panostettava myös analytiikka- ja tekoälyosaamisen kehittämiseen onnistuneiden tekoälyhankkeiden toteuttamiseksi, jotta tekoälysovellusten kehitystä ja käyttöä voidaan tehokkaasti tukea (Davenport, Ronanki 2018). Tämän analytiikka- ja tekoälyosaamisen saaminen on kuitenkin osoittautunut haasteelliseksi tekoälyn alhaisen käyttöasteen vuoksi (Ransbotham, Kiron et al. 2017). Riittävän osaamisen lisäksi tekoälyn käyttöönotto on hankalaa ilman ylimmän johdon tukea, kuten missä tahansa muussakin projektissa. Johdon tuki onkin varmistettava alusta saakka, jotta tekoälyhankkeet eivät jää muiden kilpailevien investointihankkeiden varjoon (Ransbotham, Kiron et al. 2017, LaValle, Lesser et al. 2011).

Tekoälyn aikaisten omaksujien kokemusten perusteella tekoälyllä saavutetaan liiketoiminnallisia hyötyjä erityisesti silloin, kun sen käyttöönottoon sitoudutaan ja käyttöönottoa tukee yrityksen luoma tekoälystrategia (Bughin, Hazan et al. 2017, Ransbotham, Kiron et al. 2017, Chui, Malhotra 2018). Organisaation onkin pohdittava, millä tavoin tekoälyä halutaan hyödyntää ja miten se tukee

yrittäjien strategisten tavoitteiden saavuttamista (Marr 2019). Työturvallisuusriskien arvioinnissa tekoälyn hyödyntämisellä yleisellä tasolla tavoitellaan työturvallisuuden kehittämistä, joka on tyypillinen suurempien teollisuusyrityksien strateginen tavoite.

Strategisen suunnittelun lisäksi käyttöönottoa tukee organisaation avoin kulttuuri (Bughin, Hazan et al. 2017, Ransbotham, Kiron et al. 2017). Organisaation on ymmärrettävä tekoälyn toiminnan perustuminen sovellukselle annettuun dataan, rakennettava luottamusta tekoälyn tuottamiin ratkaisuihin ja vastattava tehokkaasti työntekijöiden huoliin tekoälyn käyttöönotosta. Käytännössä tämä voi tarkoittaa koulutuksia, tehokasta viestintää sekä resursoinnin uudelleensuunnittelua avoimemman organisaatiokulttuurin rakentamiseksi. (Bughin, Hazan et al. 2017.) Kulttuuria kehittämällä voidaan ehkäistä organisaatiossa esiintyvien toiminnallisten sillojen rajoittavaa vaikutusta tekoälysovellusten käyttöönottoon (Chui, Malhotra 2018) jakamalla tietoa ja oppimalla tekoälystä. Työturvallisuusriskien arvioinnin kontekstissa organisaatiokulttuuriin liittyen on kuitenkin mielenkiintoista pohtia, miten tekoälyn edellyttämä innovaatioille avoin kulttuuri sopii yhteen organisaation turvallisuuskulttuurin kanssa, vaikka kumpikin tukee tiedon avointa jakamista. Rollenhagen (2010) tuo esille huolenaiheen turvallisuuskulttuurin vähättelevästä vaikutuksesta teknologiamuutoksiin operatiivisessa toiminnassa, koska turvallisuuden hallinnassa korostetaan asioiden hallittavuutta ja riskinäkemyistä innovaatiojohtamiseen verrattuna.

Ailisto, Neuvonen et al. (2019, s. 47) mukaan vahva toimialaosaaminen edistää tekoälyn käyttökohteiden kartoittamista tietyssä organisaatiokontekstissa. Tällöin turvallisuusjohtamisen asiantuntijoita hyödyntämällä tuetaan työturvallisuuden kehittämiseen liittyvien tekoälymahdollisuuksien tunnistamista. Tekoälyn käyttöönottoon vaikuttaa kuitenkin myös organisaation IT-asiantuntijuus yhtenä organisaation ominaisuutena kuvaavana tekijänä. Ailisto, Neuvonen et al. (2019, s. 47) mukaan tekoälyn käyttöönotto edellyttää myös ohjelmistokehitystaitoja ja tietämystä organisaation IT-arkkitehtuurista järjestelmäkokonaisuuksien hallinnan näkökulmasta, kun tekoälysovelluksia kehitetään ja integroidaan osaksi nykyisiä tietojärjestelmiä. Työturvallisuusriskien arvioinnin kontekstissa tämä tarkoittaa riskien arviointiin liittyvien tietojärjestelmien ja erilaisten rajapintojen tuntemista sekä niihin liittyvää osaamista.

### **Toimintaympäristön ominaisuuksia kuvaavat tekijät**

Ailisto, Neuvonen et al. (2019, s. 47) mukaan tekoälyn käyttöönoton haasteena voi olla tekoälyn liittyvän lainsäädännön ajantasaisuuden puute. Erityisesti tekoälyn käyttöönottoon vaikuttaa yksityisyyden suojaa koskeva lainsäädäntö, jolloin henkilötietoja on käsiteltävä GDPR (*General Data Protection Regulation*) -lain mukaisesti (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 23, Bughin, Hazan et al. 2017, Chen, C. L. P., Zhang 2014, Chui, Manyika et al. 2018). Riippuen kuitenkin sovelluksen luonteesta, tekoälyn käyttöönottoon voi myös vaikuttaa tekoälyn käytön juridisen vastuun tarkastelu (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 23, Bughin, Hazan et al. 2017), datan hallintaa ja omistajuutta koskeva lainsäädäntö, kansalaisten yhdenmukaisuutta koskeva lainsäädäntö, kilpailulainsäädäntö sekä jopa kansallisen turvallisuuteen liittyvä lainsäädäntö (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 23). Työturvallisuusriskien arvioinnissa tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavat erityisesti henkilötietojen käsittelyyn ja tekoälyn käytön seurausten juridiseen vastuuseen liittyvät näkö-

kulmat. Työturvallisuuden hallinnassa hyödynnettävä data on työntekijöihin liittyvää ja työnantajan on oltava vastuussa tekoälysovellusten käytön vaikutuksista.

Lainsäädännön lisäksi toimintaympäristön ominaisuuksia kuvaaviksi tekijöiksi voidaan lukea toimintaympäristöstä kohdistuva paine tekoälyn käyttöönottoon. Ransbotham, Kiron et al. (2017) mukaan tekoälyllä on suuri vaikutus eri toimialoilla toimivien yritysten tuote- ja palvelutarjoomaan sekä liiketoimintaprosesseihin organisaatioiden ylimmän johdon näkökulmasta. Toimintaympäristön paine voi näkyä kustannustehokkuuden paineena, asiakkaiden muuttuvissa vaatimuksissa, palvelutoimittajien muuttuvissa tarjoomissa sekä uusien kilpailijayritysten ilmestymisenä tietyllä toimialalla (Bughin, Hazan et al. 2017, Ransbotham, Kiron et al. 2017). Tämän lisäksi toimintaympäristön paine näkyy valtioiden ja tutkimusorganisaatioiden aktiivisuutena tekoälyn käyttöönoton edistämiseksi, sillä esimerkiksi Kiinassa tekoälyn kehitys on nostettu tärkeäksi tavoitteeksi kansallisella tasolla (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 17). Painetta voidaan myös tarkastella tällä hetkellä tekoälyyn ja digitalisaation liittyvien keskusteluiden aktiivisuutena yhteiskunnassa. Davenport & Ronanki (2018) kuvailevat, että tekoälyyn liittyvä ”hype” on johtanut hyvin kunnianhimoisten ja siten todennäköisemmin epäonnistuvien tekoälyhankkeiden kehittämiseen. Koska toimintaympäristön paine tekoälyn käyttöönottoon liittyen voi olla hyvin erilaista organisaatioista riippuen, on sen tarkastelu perusteltua myös riskien arvioinnin kontekstissa.

### **Johtoportaan ominaisuuksia kuvaavat tekijät**

Organisaation toimitusjohtajan ominaisuuksiin liittyvien tekijöiden tarkastelua laajennetaan yleisesti johtoportaan ominaisuuksia kuvaaviin tekijöihin, koska organisaation koosta ja toimintatavoista riippuen liittyy tekoälyn käyttöönottoon todennäköisemmin useampia ylempää johtoa edustavia henkilöitä. Kirjallisuudessa ei kuitenkaan juurikaan tullut esille tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavia johtoportaan liittyviä tekijöitä yksityiskohtaisella tasolla yhtä tekijää lukuun ottamatta.

Tekoälyn käyttöönottoon voi vaikuttaa johtoportaan suhtautuminen tekoälyyn (Ailisto, Neuvonen et al. 2019, s. 41), joka riippuu olennaisesti tekoälyn ymmärryksen tasosta. Mikäli tekoälyn mahdollisuuksia ei ymmärretä, johdon tuki ja investointi tekoälyyn on todennäköisesti vähäisempää. Myös Davenport & Ronanki (2018) tuovat esille tekoälyn haasteeksi johtoportaan vähäisen ymmärryksen tekoälyteknologioista ja niiden toiminnasta. Suhtautuminen tekoälyyn voi näkyä siinä, että tekoälysovellusten kehitys ja toteutus katsotaan olevan organisaation IT-osaston tehtävä, mikä kuitenkin rajoittaa tekoälysovellusten liiketoiminnallisten hyötyjen toteutumista (Ailisto, Neuvonen et al. 2019, s. 41). Työturvallisuusriskien arvioinnin kontekstissa onkin varmistettava ylimmän johdon riittävä ymmärrys tekoälystä tekoälyhankkeiden arvioinniksi huomioiden tekoälyn rajoitteet ja mahdollisuudet.

### **Tekoälysovellusten käyttäjien hyväksyntään vaikuttavat tekijät**

Kirjallisuudessa ei ole aikaisemmin tutkittu tekoälysovellusten käyttäjien näkökulmaa, jolloin tekoälysovellusten käyttäjien hyväksynnän tarkastelua tuetaan kirjallisuudella IT-innovaatioiden käyttöönottoon yksilötasolla vaikuttavista tekijöistä. Agarwal & Prasad (1997) painottavat, että IT-

innovaation käyttäjien on osoitettava hyväksyntänsä ja lopulta käyttävänsä sitä IT-innovaatioon liitettävien hyötyjen toteutumiseksi. Tekoälysovellusten käyttäjien hyväksyntä vaikuttaa siis siihen, millainen rooli tekoälysovellukselle työntekijöiden työskentelyssä muodostuu.

Jeyaraj, Rottman et al. (2006) tunnistavat jopa 67 erilaista itsenäistä yksilötason tekijää, joita on hyödynnetty kirjallisuudessa uusien IT-innovaatioiden käyttöönottoa ennakoimaan. Hameed, Counsell et al. (2012) mukaan merkittävimpiä IT-innovaatioiden käyttäjien hyväksyntään vaikuttavia tekijöitä yksilötasolla ovat IT-innovaation koettu hyödyllisyys ja helppokäyttöisyys, käyttökokemus, asenne käyttöä kohtaan ja käyttöaikomus tarkastellen niiden esiintymiskertojen määrää sekä merkittävyyden arviointia eri julkaisuissa. Eniten kirjallisuudessa korostuu kuitenkin teknologian hyväksyntämallin mukaisesti IT-innovaatioiden koettu hyödyllisyys, joka ennakoii yksilön aikomusta käyttää tietynlaista IT-innovaatiota (Davis, Bagozzi et al. 1989, Jeyaraj, Rottman et al. 2006, Hameed, Counsell et al. 2012). Davis, Bagozzi et al. (1989) määrittelee koetun hyödyllisyyden tarkoittavan IT-innovaation käyttäjän arviota suorituskyvyn kehityksestä tietyn työtehtävän suorittamisessa.

IT-innovaatioiden koettuun hyödyllisyyteen on viitattu kirjallisuudessa myös IT-innovaatioiden suhteellisenä etuna, joka edustaa IT-innovaation ominaisuuksia. Agarwal & Prasadin (1997) mukaan IT-innovaation suhteellinen etu kuvaa käyttäjän arviota IT-innovaation käyttöön liittyvästä edusta tietyn työtehtävän suorittamisessa nykyisiin menetelmiin verrattuna. Tässä tutkimuksessa suhteellisen edun käsitteellä kuvataan tekoälysovellusten hyödyllisyyttä riskien arvioinnissa organisaatiotasolla. Näiden kahden käsitteen on kuitenkin tunnistettu olevan sisällöltään hyvin samankaltaisia ja niiden mittaamiseen on liittynyt haasteita, koska IT-innovaatiot voivat tukea työntekijän suoriutumista työtehtävissä hyvin eri tavoin (Moore, Benbasat 1991).

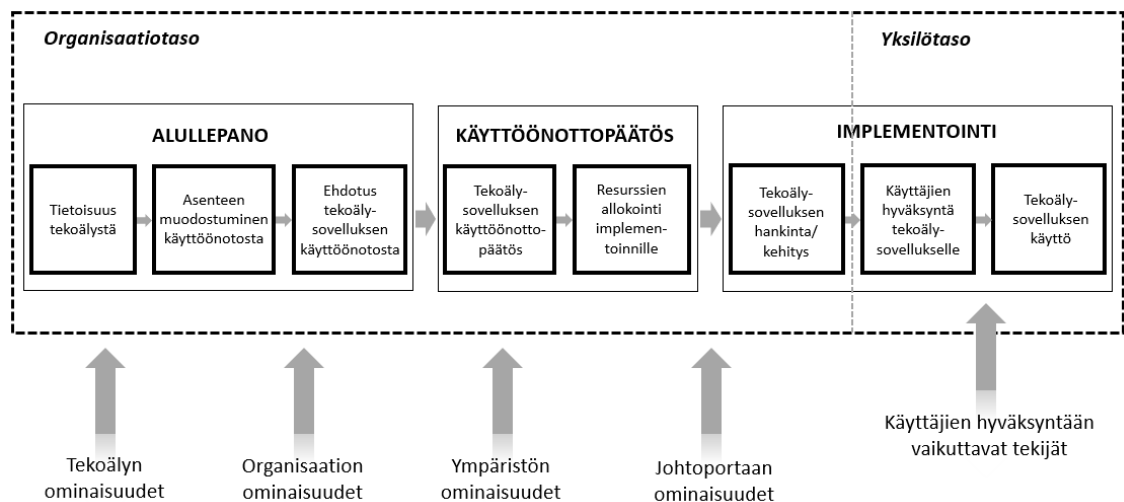
IT-innovaatioiden koettua hyödyllisyyttä ja suhteellista etua on mitattu kirjallisuudessa pääasiallisesti samoilla menetelmillä, vaikka eri julkaisut nimeävät kyseisen tekijän vaihtelevasti. Koettua hyödyllisyyttä on mitattu kysymällä IT-innovaatioiden käyttäjiltä, miten tietynlainen IT-innovaatio vaikuttaisi heidän työskentelyn nopeuteen, suorituskyykyyn, hallintaan, laatuun, tuotavuuteen, tehokkuuteen ja helppouteen (Venkatesh, Davis 2000, Agarwal, Prasad 1999, Dishaw, Strong 1999, Davis, Bagozzi et al. 1989, Agarwal, Prasad 1997, Venkatesh, Bala 2008). Näiden lisäksi koettua hyödyllisyyttä on mitattu tunnistamalla IT-innovaation hyötyjä ja arvioimalla siihen liittyvien hyötyjen ja haittojen suhdetta (Taylor, S., Todd 1995, Moore, Benbasat 1991).

IT-innovaatioiden koettuun hyödyllisyyteen on tunnistettu vaikuttavan erilaiset edeltävät tekijät. Davis, Bagozzi et al. (1989) kuvailee teknologian hyväksyntämallissa koettuun hyödyllisyyteen vaikuttavan innovaation koettu helppokäyttöisyys sekä ulkoiset tekijät, kuten innovaation käyttöönottoon liittyvä koulutus. Laajennetuissa versioissa teknologian hyväksyntämallista innovaation koettuun hyödyllisyyteen vaikuttavat sosiaaliseen vaikutukseen liittyviä tekijöitä subjektiivisista normeista ja imagosta, sekä käyttöönotettavan IT-järjestelmän ominaisuuksista, jotka ovat yhteys käyttäjän työtehtäviin, tulosten laatu ja esiteltävyys sekä helppokäyttöisyys (Venkatesh, Davis 2000, Venkatesh, Bala 2008). Dishaw & Strong (1999) tunnistavat puolestaan koettuun hyödyllisyyteen vaikuttavan IT-innovaation sopivuus niihin työtehtäviin, joihin inno-

vaatiota suunnitellaan käytettävän, aikaisempi kokemus kyseisestä innovaatiosta ja sen helppo-käyttöisyys.

### 4.3 Viitekehys tekoälysovelluksen käyttöönottoprosessista

Tämän työn viitekehyksessä hyödynnetään Hameed, Counsell et al. (2012) esittelemää IT-innovaation käyttöönottoprosessin mallia kuvaamaan tekoälysovellusten käyttöönottoa työturvallisuusriskien arvioinnissa. Tämä viitekehys tekoälysovelluksen käyttöönottoprosessista ja siihen vaikuttavista tekijöistä esitellään kuvassa 10.



**Kuva 10.** Tutkimuksen viitekehystenä toimiva kuvaus tekoälysovelluksen käyttöönottoprosessista ja siihen vaikuttavista tekijöistä (mukaillen Hameed, Counsell et al. 2012)

Hameed, Counsell et al. (2012) kuvailee IT-innovaation käyttöönottoprosessissa olevan kolme keskeistä vaihetta, jotka ovat alullepano, käyttöönottopäätös ja implementointi. Aikaisemmin esitelty Bughin, Hazan et al. (2017) mukaiset tekoälyn käyttöönottovaiheet 1-3 integroituvat soveltuvien osin näihin IT-innovaation käyttöönoton eri vaiheisiin. Alullepanovaiheessa organisaatio lisää tietoisuutta tekoälystä ja sen käyttöönoton mahdollisuuksista, johon liittyy olennaisesti kiinnostavan tekoälyn käyttökohteen tunnistaminen, soveltuvien dataresurssien kartoitus ja alustava tekoälyteknologian valinta. Tässä vaiheessa organisaatio siis arvioi tekoälyn soveltuvuutta työturvallisuusriskien arviointiin ja luo ehdotuksen käyttöönotettavasta tekoälysovelluksesta. Kun ehdotus on tehty, käyttöönottopäätösvaiheessa tehdään päätös käyttöönotosta ja varmistetaan riittävät resurssit sekä analytiikka- ja tekoälyosaaminen implementointivaiheeseen siirtymiseksi.

Tekoälysovelluksen implementointivaiheessa voidaan tilanteen salliessa ostaa valmis tekoälysovellus tai kehittää tekoälysovellus organisaation omien resurssien avulla tai IT-toimittajan avulla. Mikäli hankitaan valmis sovellus, on varmistettava sen käyttöönoton edellytyksistä ja sopivuudesta organisaation tarpeisiin varhaisessa vaiheessa. (Bughin, Hazan et al. 2017). Eri-tyisesti implementointivaiheessa on varattava riittävästi aikaa tekoälysovellusten edellyttämien dataresurssien muodostamiseen. Tähän kuitenkin vaikuttaa osaltaan tekoälysovelluksessa

hyödynnetyt tekniikat, sillä esimerkiksi syväoppivien neuroverkkoja hyödyntävä sovellus voi käyttää tehokkaammin raakadataa, joka vähentää dataresurssien muodostamisen edellytyksiä (LeCun, Bengio et al. 2015). Implementointivaiheessa on tärkeää osallistaa tekoälysovellusta hyödyntäviä yksilöitä eli käyttäjiä osaksi implementointiprosessia, jotta käyttäjät antavat hyväksyntänsä kyseisen sovelluksen käyttöönnotolle ja tekoälysovellus saadaan tehokkaasti integroitua osaksi työprosesseja.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella tunnistettiin tekoälysovellusten käyttöönottoprosessiin vaikuttavan erilaisia organisaatiotason tekijöitä liittyen tekoälyn, organisaation, toimintaympäristön ja johtoportaan ominaisuuksiin. Nämä tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavat tekijät on listattu kategorioittain taulukkoon 3. Jokaisen tekijän kohdalla (+/-) -merkintä viittaa kyseisen tekijän vaikutuksen luonteeseen, jolloin yksittäinen ominaisuus joko edistää tai ehkäisee tekoälyn käyttöönottoa.

**Taulukko 3. Tekoälyn käyttöönottoon työturvallisuusriskien arvioinnissa vaikuttavat organisaatiotason tekijät**

Ominaisuus-kategoria	Käyttöönottoon vaikuttava tekijä	Lähde
Tekoälyn ominaisuudet	Suhteellinen etu (+)	(Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 39-42) (Ransbotham, Kiron et al. 2017) (Bughin, Hazan et al. 2017) (Agrawal, Gans et al. 2017) (Davenport, Ronanki 2018) (Chui, Malhotra 2018)
	Yhteensopivuus (+)	(Bughin, Hazan et al. 2017) (Ransbotham, Kiron et al. 2017) (Chui, Manyika et al. 2018)
	Monimutkaisuus (-)	(Bughin, Hazan et al. 2017) (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 42) (Chui, Manyika et al. 2018)
	Teknologioiden kypsymättömyys (-)	(Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 42-43) (Chui, Manyika et al. 2018) (Davenport, Ronanki 2018)
	Kokeiltavuus (+)	(Bughin, Hazan et al. 2017) (Davenport, Ronanki 2018)
		(Bughin, Hazan et al. 2017)
Organisaation ominaisuudet	Digitalisaatioaste (+)	(Bughin, Hazan et al. 2017) (Ailisto, Neuvonen et al. 2019, s. 40) (Chui, Manyika et al. 2018) (Chui, Malhotra 2018)
	Johtoportaan tuki (+)	(Bughin, Hazan et al. 2017) (LaValle, Lesser et al. 2011) (Chui, Malhotra 2018) (Ransbotham, Kiron et al. 2017)
	Data ja datan käsittely (+)	(Bughin, Hazan et al. 2017) (Ransbotham, Kiron et al. 2017) (Ailisto, Neuvonen et al. 2019, s. 45-46) (Chui, Manyika et al. 2018) (Jagadish, Gehrke et al. 2014) (Chui, Malhotra 2018)
	IT-asiantuntijuus (+)	(Ailisto, Neuvonen et al. 2019, s. 47) (Davenport, Ronanki 2018)
	Analytiikka- ja tekoälyosaaminen (+)	(Bughin, Hazan et al. 2017) (Ransbotham, Kiron et al. 2017) (Ailisto, Neuvonen et al. 2019, s. 47-48) (LaValle, Lesser et al. 2011) (Chui, Malhotra 2018)
		(Ransbotham, Kiron et al. 2017)
	Strateginen suunnittelu (+)	(Ransbotham, Kiron et al. 2017) (Bughin, Hazan et al. 2017)
		(Bughin, Hazan et al. 2017)



		(LaValle, Lesser et al. 2011)
		(Chui, Malhotra 2018)
	Toimiala- ja liiketoimintaosaaminen (+)	(Ailisto, Neuvonen et al. 2019, s. 47)
		(Chen, H., Chiang et al. 2012)
	Avoin organisaatiokulttuuri (+)	(Bughin, Hazan et al. 2017)
		(Ransbotham, Kiron et al. 2017)
Ympäristön ominaisuudet	Soveltuva lainsäädäntö (-)	(Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 23)
		(Ailisto, Neuvonen et al. 2019, s. 47)
		Chen, Chang 2014
		(Chui, Manyika et al. 2018)
		(Ransbotham, Kiron et al. 2017)
	Toimintaympäristön paine (+)	(Bughin, Hazan et al. 2017)
		(Ransbotham, Kiron et al. 2017)
		(Davenport, Ronanki 2018)
Johtoportaan ominaisuudet	Suhtautuminen tekoälyyn (+)	(Ailisto, Neuvonen et al. 2019, s. 41)
		(Davenport, Ronanki 2018)
		(Ransbotham, Kiron et al. 2017)

Edellä mainittujen tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavien organisaatiotason tekijöiden lisäksi tutkimuksessa tarkastellaan tekoälysovellusten käyttöönottoa yksilötasolla kuvaamalla tekoälysovellusten koettua hyödyllisyyttä turvallisuusjohtamiseen liittyvien eri käyttäjäryhmien näkökulmasta. Tämä toteutetaan kartoittamalla eri käyttäjäryhmien näkemyksiä siitä, millaisia vaikutuksia ja hyötyjä tekoälysovelluksella voisi olla riskien arvioinnin tehtävissä. Koska kirjallisuus tekoälyn käyttöönotosta on vielä vähäistä eikä tässä tutkimuksessa keskitytä tekoälyn tekniseen toteutukseen, eivät tutkimuksessa tunnistetut tekoälysovellusten käyttöönottoon vaikuttavat tekijät kuvasta kokonaisvaltaisesti erilaisia tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavia tekijöitä.

## 5. TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimuksessa hyödynnettävän tutkimusmetodologian esittely ja siihen liittyen tehtyjen valintojen perustelu on olennaista tutkimuksen luotettavuuden ja validiteetin kannalta. Tässä kappaleessa esitellään tutkimusprosessin eteneminen asiantuntijahaastatteluiden valmistelusta ja toteutuksesta aineiston analyysiin sekä esitellään tutkimuksen kohteena oleva yritys Neste Oyj hyödyntäen julkista materiaalia yrityksen virallisilta internetsivuilta ja sisäistä materiaalia turvallisuusjohtamiseen liittyen.

### 5.1 Tutkimusmetodologia

Työn tavoitteena on selvittää, miten työturvallisuutta voidaan kehittää hyödyntämällä tekoälyä riskien arvioinnin tehtävissä ja tarkastella tekoälysovellusten käyttöönottoa työturvallisuusriskien arvioinnissa yksilöiden sekä organisaation näkökulmasta. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi tutkimus jakautuu kahteen osioon, joita kumpaaakin kuvastaa kaksi tutkimuskysymystä.

Tutkimuksen luonne vaikuttaa siihen, millaisella tutkimusmetodologisilla valinnoilla saavutetaan parhaiten parhaiten tutkimuksen tavoite. Saunders, Lewis et al. (2012, s. 170) mukaan tutkimuksia voidaan jaotella tutkimuksen luonteen perusteella tutkiviin, kuvaileviin ja selittäviin tutkimuksiin. Tutkivalle tutkimukselle on tyypillistä jonkin ilmiön ymmärtäminen (Saunders, Lewis et al. 2012, s. 171), joka kuvastaa hyvin tutkimuksen ensimmäistä osiota. Ensimmäisen osion tarkoituksena on tarkastella, miten työturvallisuutta voidaan kehittää tekoälyn avulla, joka edellyttää ensin työturvallisuuden ja siihen liittyvän riskien arvioinnin tehtävien nykytilanteen kuvausta. Tutkivan tutkimuksen yhteydessä tutkijan täytyy olla valmis sopeutumaan tutkimuksen myötä paljastuviin tuloksiin ja uusiin näkemyksiin (Saunders, Lewis et al. 2012, s. 171).

Tutkimuksen toisessa osiossa tarkastellaan tekoälysovellusten käyttöönottoa yksilötasolla kartoittamalla ensimmäisessä osiossa tunnistettujen tekoälysovelluksien hyödyllisyyttä ja organisaatiotasolla tunnistamalla erilaisia tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavia tekijöitä. Tämän perusteella tekoälysovellusten käyttöönoton tarkastelu yksilötasolla edustaa tutkivaa tutkimusta ja organisaatiotasolla kuvailevaa tutkimusta. Saunders, Lewis et al. (2012, s. 171) mukaan kuvaileva tutkimus tarkoittaa kattavan ja yksityiskohtaisen kuvauksen muodostamista tutkimuskohteeseen liittyvistä tapahtumista, tilanteista tai henkilöistä. Tutkimuksen eri osioiden perusteella työssä toteutettava tutkimus edustaa siis ensisijaisesti tutkivaa, mutta myös kuvailevaa tutkimusta.

Tutkimuksen luonteen perusteella voidaan arvioida, millaista lähestymistapaa tutkimuksen toteutuksessa kannattaa hyödyntää. Saunders, Lewis et al. (2012, s. 144) mukaan tutkimuksissa hyödynnetään tyypillisesti induktiivista, abduktiivista tai deduktiivista lähestymistapaa riippuen siitä, miten tutkimuksessa hyödynnetään aikaisempaa aihepiiriin liittyvää teoriaa. Induktiivisessa lähestymistavassa muodostetaan uutta teoriaa tutkimuksessa kerätyn datan perusteella, kun

puolestaan deduktiivisessa lähestymistavassa tutkimuksessa kerättyä dataa tarkastellaan teoriaan pohjautuvan käsitteellisen viitekehyksen avulla. Abduktiivisessa lähestymistavassa tutkimuksessa kerätään dataa teorian muodostamiseksi tai muokkaamiseksi, jota testataan edelleen uuden kerättävän datan avulla. (Saunders, Lewis et al. 2012, s. 144-145.)

Tämän tutkimuksen ensimmäisessä osiossa hyödynnetään induktiivista lähestymistapaa tekoälyn hyödyntämisen tarkasteluun Porvoon jalostamolla. Tämä lähestymistapa valitaan, koska aikaisempi kirjallisuus tekoälyn hyödyntämismahdollisuuksista riskien arvioinnissa on niukkaa ja siten johtopäätöksiä on muodostettava datan keräyksen ja analysoinnin yhteydessä. Saunders, Lewis et al. (2012, s. 146) mukaan induktiivinen lähestymistapa soveltuukin hyvin rajattuun tutkimuskontekstiin, jolloin myös tutkimuksen otanta voi olla pienempi. Tutkimuksen toisessa osiossa hyödynnetään puolestaan deduktiivista lähestymistapaa, jolloin kerättävää dataa tarkastellaan kappaleessa 4.3 esitellyn viitekehykseen perustuen. Deduktiivisessa lähestymistavassa tyypillisesti operationalisoidaan teoriaan perustuvia konsepteja erilaisiin mitattaviin yksiköihin teorian testaamiseksi ja hyödynnetään suurempaa tutkimusotantaa (Saunders, Lewis et al. 2012, s. 145-146).

Tutkimuksessa hyödynnetään tutkimusstrategiana yhteen tapaukseen perustuvaa tapaus-tutkimusta, joka soveltuu vähän tutkittujen ilmiöiden tutkintaan (Saunders, Lewis et al. 2012, s. 179). Saunders, Lewis et al. (2012, s. 179) määrittelee tapaus-tutkimuksen kontekstiin sidottuna tutkimuksena tietynlaiseen aihepiiriin liittyen. Tässä työssä tämän kontekstin muodostaa työn tilannut yritys Neste Oyj ja tarkemmin kyseisen yrityksen jalostamo Porvoossa. Tällöin tutkimuksen tulokset rajoittuvat tutkimuksen toteuttamishetken tilanteeseen tarkasteltavassa jalostamoympäristössä. Tutkijalla ei ollut toimeksiantoa edeltävää kokemusta kyseisestä yrityksestä, jolloin tutkijalla oli mahdollisuus tutustua uuteen organisaatioon ja turvallisuusjohtamisen piirteisiin energiatoimialalla.

Tutkimusstrategiaan liittyen on tehtävä valintoja tutkimuksessa hyödynnettävistä tiedonkeruuseen ja analysointiin liittyvistä tekniikoista, jotka Saunders, Lewis et al. (2012, s. 161) mukaan jaetaan tyypillisesti laadullisiin ja määrällisiin tekniikoihin. Laadullisessa tekniikassa hyödynnetään ei-numeraalista dataa ja määrällisessä numeraalista dataa (Saunders, Lewis et al. 2012, s. 161). Tutkimuksen aihepiiriä ei ole aikaisemmin tutkittu eikä sen tarkasteluun ole riittävästi aineistoa saatavilla pohjatiedoksi, mikä rajoittaa tutkimukseen soveltuvia tiedonkeruumenetelmiä. Aihepiirin käsittely edellyttää tällöin tutkivaa laadullista tutkimusta, johon haastattelut soveltuvat hyvin. Tähän perustuen tässä tutkimuksella hyödynnetään tutkimuksen empiirisen osion toteutuksessa haastatteluja toteuttamalla kummassakin tutkimusosiossa yksi haastattelukierros.

Saunders, Lewis et al. (2012, s. 374) mukaan haastatteluja voidaan kategorisoida niiden muodollisuuden ja rakenteen perusteella strukturoituihin ja puolistrukturoituihin haastatteluihin sekä strukturoimattomiin eli syvähaastatteluihin. Strukturoidut haastattelut ovat muodollisia ja etukäteen määritellyistä kysymyksistä muodostettua haastattelurunkoa noudattavia haastattelutyppejä, joiden tuloksena on joukko mitattavissa olevaa dataa. Tästä syystä ne tunnetaan myös

muista haastattelutyypeistä poiketen määrällisinä tutkimushaastatteluina. Puolistrukturoiduissa ja strukturoimattomissa haastatteluissa puolestaan haastatteluiden sisältö vaihtelee haastattelujen välillä. Puolistrukturoiduissa haastatteluissa käsitellään tyypillisesti etukäteen määriteltyihin teemoihin liittyviä kysymyksiä, mutta kysymysten määrä ja järjestys voi vaihdella sekä haastattelutilanteessa voi olla tarpeen kysyä tarkentavia lisäkysymyksiä. Strukturoimattomissa haastatteluissa syvennytään aihepiiriin ilman ennalta määriteltyä haastattelurunkoa, jolloin haastateltavalla on mahdollisuus puhua vapaammin ja voidaan saavuttaa syvällisempi ymmärrys aihepiiriin liittyen. (Saunders, Lewis et al. 2012, s. 374-375.)

Tässä työssä hyödynnetään puolistrukturoituja haastatteluja, jotka edustavat laadullisia tutkimusmenetelmiä. Laadulliset haastattelumenetelmät soveltuvat hyvin tutkimuksiin, joissa on tarpeen pyytää selitystä tai tarkennuksia haastateltavien vastauksiin sekä saada siten rikasta ja yksityiskohtaista dataa (Saunders, Lewis et al. 2012, s. 378), jota tarvitaan tässä tutkimuksessa. Puolistrukturoidut haastattelut sopivat tutkimuksessa toteutettavien haastattelujen luonteeseen, sillä kummallakin haastattelukierroksella on tarvetta keskustelun ohjaamiselle oikeisiin asioihin keskittymiseksi ja tietynlaisten aihepiiriä kuvaavien teemojen tarkasteluksi. Tästä huolimatta haastatteluissa on kuitenkin varmistettava keskustelun joustava eteneminen sopeuttamalla haastattelun sisältöä haastateltavilta saatavien vastauksien perusteella. Toisella haastattelukierroksella hyödynnetään myös strukturoituja haastatteluosioita, joissa haastateltavilta pyydetään vastauksia asteikolla yhdestä viiteen, ja näitä arvioita tarkennetaan lisäkysymysten avulla. Määrällisen datan keräys onkin tyypillistä deduktiivista lähestymistapaa hyödyntävälle tutkimukselle (Saunders, Lewis et al. 2012, s. 146) mahdollistaen tehokkaalla tavalla haastateltavien vastausten vertailun.

## 5.2 Haastatteluiden toteutus

Tutkimuksen kaksi haastattelukierrosta toteutettiin pääasiallisesti kesäkuussa vuoden 2019 aikana Porvoon jalostamolla ja Nesteen pääkonttorilla Espoossa. Haastattelukierrosten välille jätettiin aikaa ensimmäisen haastattelukierrosten alustavaan analysointiin ja toiseen haastattelukierrokseen valmistautumiseksi. Haastateltavia valittiin konserni-HSSEQ:n johtajan avustuksella varmistaen mahdollisimman erilaisten näkökulmien saamisen Porvoon jalostamon toimintaan ja riskien arviointiin liittyen. Kaikki haastateltavat olivat Neste Oyj:n henkilöstöä eli organisaation ulkopuolisia asiantuntijoita ei hyödynnetty tässä tutkimuksessa. Ensimmäisellä haastattelukierroksella oli yhteensä viisi haastateltavaa ja toisella haastattelukierroksella kahdeksan haastateltavaa.

Tutkimuksessa toteutettaviin haastatteluihin kuului pääasiallisesti kasvotusten tehtäviä yksilö- sekä ryhmähaastatteluja, ainoastaan ensimmäinen haastattelu toteutettiin virtuaalisesti. Ryhmähaastatteluksi kutsutaan haastattelua, jossa haastateltavia on vähintään kaksi ja sen sisältö ei ole standardoitu (Saunders, Lewis et al. 2012, s. 400). Ryhmähaastatteluja päätettiin hyödyntää tutkimukseen liittyvien aika- ja välineiden vuoksi, mutta myös tutkimuksen aihepiiriin kannalta koettiin hyödylliseksi koota haastatteluihin samankaltaisissa rooleissa ja asemassa olevia henkilöitä

rikkaamman ja monipuolisemman datan saamiseksi. Tällöin haastateltavilla on mahdollisuus vaihtaa ja arvioida erilaisia ajatuksia keskenään haastattelutilanteen aikana. Tutkimuksessa hyödynnettiin fokusryhmiä, joka edustaa ryhmähaastattelutyyppiä, jossa rohkaistaan haastateltavien osallistumista ja ohjataan keskustelua aihepiiriin liittyviin teemoihin (Saunders, Lewis et al. 2012 s. 403).

Fokusryhmien yhteydessä haastattelijan rooli on erilainen kuin yksilöhaastatteluissa. Fokusryhmissä on tärkeää ohjata keskustelua pysymään aihepiirin sisällä, tukea keskustelun syntymistä ja haastateltavien osallistumista, mutta samalla varoa keskustelun liiallista johdattelua (Saunders, Lewis et al. 2012, s. 403). Varsinkin jos haastattelutilanteessa yksittäiset henkilöt osallistuvat keskusteluun selvästi aktiivisemmin, on hyvä varmistaa kaikkien haastateltavien osallistuminen keskusteluun (Saunders, Lewis et al. 2012, s. 401). Fokusryhmissä rajattiin haastateltavien määrä kolmeen osallistujaan, jotta haastatteluiden kesto ei venyisi ja kaikki osallistujat pääsevät varmasti syventymään aihepiiriin. Saunders, Lewis et al. (2012, s. 400-401) tuovatkin esille, että ryhmähaastatteluun osallistuvien henkilöiden määrää on syytä rajoittaa, mitä monimutkaisempi käsiteltävä aihepiiri on.

Fokusryhmiä muodostettaessa on suositeltavaa koota samanlaista taustaa tai samanlaisissa asemissa olevia henkilöitä keskustelun rohkaisemiseksi (Saunders, Lewis et al. 2012, s. 401). Haastatteluja suunniteltaessa huomioitiinkin, missä tiimissä ja millaisissa tehtävissä yksittäinen henkilö toimii ja tämän perusteella tunnistettiin neljä eri käyttäjäryhmää tutkimuksen toista haastattelukierrosta varten. Nämä käyttäjäryhmät olivat konserni-HSE, tuotannon linjaorganisaatio, paikallinen HSE ja projekti-HSE. Näiden käyttäjäryhmien nimityksissä HSE (*Health, Safety & Environment*) -lyhenteellä tarkoitetaan laajasti turvallisuuden hallintaa työskentelyyn, tuotantoprosessiin ja ympäristöön liittyen.

Tässä työssä konserni-HSE:llä viitataan konsernitason turvallisuusjohtamisen asiantuntijoihin, paikallisella HSE:llä jalostamoympäristön turvallisuusjohtamisen asiantuntijoihin ja projekti-HSE:llä Porvoon jalostamon projektien, kuten suurseisokin, turvallisuusjohtamisen asiantuntijoihin. Tuotannon linjaorganisaation käyttäjäryhmä sisältää tässä tutkimuksessa jalostamoympäristössä työskentelevät tuotannon Operational Excellence -johtajan ja teknisten päälliköiden esimiehen. Työssä hyödynnetään lyhenteitä HSEQ (*Health, Safety, Environment & Quality*) ja HSSEQ (*Health, Safety, Security, Environment & Quality*) haastateltavien roolinimikkeiden kuvauksessa riippuen siitä, kattaako haastateltavien toimenkuva myös laadunhallintaan ja *security* -toimintoon liittyviä tehtäviä.

Taulukossa 4 esitellään tarkempia tietoja toteutetuista haastatteluista. Viimeinen eli kahdeksas haastattelu jakaantui kahteen osaan siten, että ainoastaan konserni-HSSEQ:n johtaja osallistui haastattelun toisen teeman tarkasteluun.

**Taulukko 4. Tutkimuksessa toteutetut haastattelut**

Järjestys-numero	Haastattelu-kierros	Haastattelu-tyyppi	Käyttäjärühmä	Roolinimike organisaatiossa
1	1	Yksilöhaastattelu	Konserni-HSE	Konserni-HSE:n johtaja
2	1	Yksilöhaastattelu	Tuotannon linjaorganisaatio	Teknisten päälliköiden esimies
3	1	Fokusryhmä	Paikallis-HSE	HSE-päällikkö, HSEQ-päällikkö, Vanhempi HSE-insinööri
4	2	Yksilöhaastattelu	Projekti-HSE	Turnaround 2020 HSE-päällikkö
5	2	Yksilöhaastattelu	Tuotannon linjaorganisaatio	Teknisten päälliköiden esimies
6	2	Fokusryhmä	Paikallis-HSE	HSE-päällikkö, HSEQ-päällikkö, Vanhempi HSE-insinööri
7	2	Yksilöhaastattelu	Tuotannon linjaorganisaatio	Tuotannon Operational Excellence-johtaja, 05/2019 lähtien HSSEQ-päällikkö
8	2	Fokusryhmä/ yksilöhaastattelu	Konserni-HSE	Konserni-HSSEQ:n johtaja, Konserni-HSE:n johtaja

Haastatteluiden toteuttaminen edellytti haastattelijalta valmistautumista ja haastatteluiden laatuun liittyvien tekijöiden huomiointia haastattelutilanteeseen liittyen. Erityisesti valmistautumisessa kiinnitettiin huomiota haastattelukysymysten sisältöön ja muotoiluun, haastatteluiden olosuhteiden suunnitteluun sekä ryhmähaastatteluiden ominaispiirteiden huomiointiin. Haastatteluiden suunnittelun yhteydessä tutkimuksen neljä tutkimuskysymystä operationalisointiin haastattelukysymysten muotoon. Tässä operationalisoinnissa tunnistettiin tutkimuskysymyksiä kuvaavat teemat ja niiden käsittelyä kuvaavat alateemat, joiden pohjalta pohdittiin haastattelukysymyksiä tutkimuksen tavoitteen mukaisesti. Tämä operationalisointitaulukko on esitetty liitteessä A.

Operationalisointitaulukon pohjalta haastattelukierroksille luotiin haastattelurungot, jotka on esitetty liitteissä B ja C. Haastattelurungot kuvaavat haastattelujen toteutuksessa pääasiallisesti noudatettua järjestystä kysymyksien esittämisessä. Ensimmäiselle haastattelukierrokselle osallistuneille haastateltaville lähetettiin ennakkomateriaalia tekoälyn keskeisistä käsitteistä ja haastattelun teemojen keskeisimmistä haastattelukysymyksistä. Tämän ennakkomateriaalin avulla haastateltavat kykenivät muodostamaan käsitystä keskusteltavista aiheista ennen haastatteluun osallistumista.

Saunders, Lewis et al. (2012, s. 389) mukaan haastattelun aloitustavalla on merkittävä vaikutus siihen, kuinka hyvin haastattelutilanteeseen saadaan luotua rento ja ystävällinen ilmapiiri sekä rakennettua luottamusta haastateltavan ja haastattelijan välille. Tästä syystä haastattelut aloitetaan haastattelijan ja diplomityön esittelyllä sekä käymällä läpi käytännön asioita haastattelutilanteeseen liittyen, kuten käytettävä aika, tulosten käsittelyn anonymisyys sekä suostumuksen pyytäminen haastattelun nauhoittamiselle. Tämän jälkeen keskustelua jatketaan kysymällä haastateltavan roolista ja siihen liittyvistä työtehtävistä tarkasteltavassa organisaatiossa. Haastat-

telurungon läpikäynnin jälkeen pyydetään palautetta haastatteluiden kehittämiseksi ja varmistetaan, ettei haastateltavalle jää mitään mielen päälle haastattelun päätteeksi.

Ensimmäisen haastattelukierroksen ensimmäisenä teemana on työturvallisuuden ja riskien arvioinnin tehtävien nykytilanteen ymmärtäminen, jolloin teeman käsittelyn tavoitteena on tunnistaa työturvallisuuden kehityskohteita riskien arvioinnin näkökulmasta. Teemaa lähestytään yleisillä kysymyksillä liittyen Porvoon jalostamon työmaiden kuvailuun, työturvallisuuden mittaamiseen, tyypillisiin tapaturmiin ja riskien arviointiin liittyviin tehtäviin. Tämän jälkeen haastateltavaa johdatellaan pohtimaan, millaisia tehostamiseen tai automatisointiin liittyviä tarpeita riskien arvioinnissa on ja millaista dataa tällä hetkellä kerätään, käytetään ja analysoidaan riskien arviointiin liittyen. Kysymyksissä rohkaistaan haasteltavia tarkastelemaan riskien arviointia toimistotyöskentelystä varsinaiseen työmailla työskentelyyn saakka. Teeman tarkastelu päätetään pyytämällä haastateltavaa tunnistamaan työturvallisuuden kehityskohteita tehtyjen pohdintojen ja aikaisemman kokemuksen perusteella, mikä ohjaa haastattelun etenemistä seuraavan teeman käsittelyssä.

Ensimmäisen haastattelukierroksen toisena teemana on tekoälyn ja tekoälyteknologioiden soveltuvuuden arviointi haastateltavien esille tuomiin kehityskohteisiin vastaamiseksi. Tässä kohtaa haastattelija käyttää hetken aikaa arvioiden toiseen teemaan liittyvien kysymyksien merkittävyyttä yksittäisen kehityskohteen luonteen perusteella. Tämän arvioinnin perusteella pystytään rajaamaan esitettäviä kysymyksiä erilaisiin tekoälyteknologioihin liittyen. Teemaa käsitellään pyytämällä haastateltavaa pohtimaan erilaisia tilanteita tai tehtäviä, joissa kuvailtu tekoälyteknologian toiminnallisuus voisi olla hyödyllistä tai tarpeellista haastateltavan esille tuomaan työturvallisuuden kehityskohteeseen vastaamiseksi. Kysymyksen muotoilussa vältettiin tekoälyn liittyvien käsitteiden esille tuomista, jotta haastateltavat kykenivät vastaamaan kysymyksiin tietämättä tekoälystä syvällisemmin. Tällöin haastateltava pystyy myös muodostamaan omaa käsitystä tekoälystä työturvallisuusriskien arvioinnissa.

Toisen haastattelukierroksen toteutusta ohjaavat ensimmäisellä haastattelukierroksella tunnistettujen tekoälysovellusten kuvaukset ja kappaleessa 4.3 esitetyn viitekehyksen sisältö tekoälysovelluksen käyttöönottoprosessista sekä siihen vaikuttavista tekijöistä. Ensimmäisenä teemana on työturvallisuusriskien arviointiin soveltuvien tekoälysovellusten hyödyllisyyden kartoitus eri käyttäjäryhmien näkökulmasta. Tekoälysovellusten kuvaukset käydään läpi yksi kerrallaan ja haastateltavalta kysytään sovellusten mahdollisista vaikutuksista jalostamoympäristössä työskentelyyn ja sen toiminnallisuuteen liitettävistä hyödyistä. Yhteenvedon muodostamiseksi ja eri sovellusten hyödyllisyyden vertailuksi haastateltavia pyydetään arvioimaan sovellusten hyödyllisyys asteikolla 1-5, jossa 1 viittaa siihen, että haastateltava ei koe sovellusta hyödylliseksi ja 5 viittaa erittäin hyödylliseen sovellukseen. Tämän jälkeen haastateltavaa pyydetään tunnistamaan tekoälysovellusten hyödyllisyyden arviointiin vaikuttaneita tekijöitä koetun hyödyllisyyden muodostumisen ymmärtämiseksi.

Tekoälysovellusten kuvausten läpikäynnin jälkeen haastateltava on saanut näkemystä, mitä tekoäly voisi käytännössä tarkoittaa työturvallisuusriskien arvioinnin tehtävissä. Tämä luo pohjaa

toisen haastattelukierroksen toisen teeman käsittelylle eli tekoälysovellusten käyttöönottoon vaikuttavien organisaatiotason tekijöiden ja käyttöönoton haasteiden tunnistamiselle. Tämä toteutetaan hyödyntämällä tutkimuksen viitekehystä tekoälysovellusten käyttöönottoon vaikuttavista erilaisista organisaatiotason tekijöistä ja niitä kuvaavista ominaisuuskategorioista. Jokaista ominaisuuskategoriaa, eli tekoälyn, organisaation, toimintaympäristön ja johtoportaan ominaisuuksia, tarkastellaan esittämällä haastateltavalle niihin liittyviä väitteitä. Haastateltavaa pyydetään arvioimaan näitä väitteitä asteikolla 1-5 siten, että 1 tarkoittaa haastateltavan olevan täysin eri mieltä ja 5 täysin samaa mieltä. Haastateltavilta kysytään myös perusteluja yksittäisille arvioille. Haastattelu päätetään muodostamalla yhteenvetoa käyttöönottoon vaikuttavista tekijöistä kysymällä, tunnistaako haastateltava väitteiden ulkopuolelta muita tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavia tekijöitä ja pyytämällä arvioimaan tekoälyn käyttöönoton keskeisimpiä haasteita sekä organisaation valmiutta tekoälyn käyttöönottoon.

### 5.3 Aineiston analysointi ja analyysin arviointi

Koska kyseessä oli laadullinen tapaustutkimus, tutkimuksessa analysoidaan suurta määrää laadullista dataa. Tulosten analysointia varten haastatteluista saatu aineisto litteroitiin. Alasuutarin (2011) mukaan laadullinen analyysi aloitetaan tyypillisesti aineistoon perustuvien havaintojen pelkistämisestä, jolloin aineistosta etsitään tutkimuskysymyksiin vastaamisen kannalta olennaista dataa ja erilaisia yhteisiä piirteitä tässä datassa. Tässä tutkimuksessa havaintojen pelkistämisessä käytettiin hyödyksi tutkimuskysymyksiä kuvaavista teemoista johdettuja alateemoja (liite A). Näitä alateemoja ja niihin liittyviä haastattelukysymyksiä muokattiin kerätyn datan perusteella haastatteluiden edetessä. Aineiston analyysissä siis tarkasteltiin, millaisia asioita haastateltavat toivat esille alateemakohtaisesti ja jaoteltiin dataa teemoja kuvaaviin kategorioihin Excel-tiedostossa haastateltavien vastausten vertailemiseksi sekä erilaisten yhteyksien löytämiseksi.

Datan jäsentelyssä hyödynnettiin alateemojen lisäksi haastatteluaineistoon perustuvia kategorioita toiseen ja kolmanteen tutkimuskysymykseen liittyen. Ensimmäisellä haastattelukierroksella tekoälyn ja erilaisten tekoälyteknologioiden soveltuvuuden arviointiin liittyvän teeman osalta hyödynnettiin kategorioita haastateltavien tunnistamista työturvallisuuden kehityskohteista. Tällöin tekoälyn käyttökohteiden ja niihin soveltuvien tekoälyteknologioiden tunnistaminen aineistosta perustui alateemoista ja kehityskohdekategorioista muodostetun matriisin hyödyntämiseen aineiston analysoinnissa. Vastaavasti toisella haastattelukierroksella tekoälysovellusten hyödyllisyyden kartoittamiseen liittyneen teeman osalta dataa jäsenneltiin tekoälysovelluskohtaisiin kategorioihin.

Toisella haastattelukierroksella kerättiin myös määrällistä dataa, kun haastateltavia pyydettiin numeerisesti arvioimaan tekoälysovellusten hyödyllisyyttä ja tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavia tekijöitä kuvaavia väitteitä. Tätä määrällistä dataa analysoitiin tutkimuksessa hyödyntämällä keskiarvoa ja -hajontaa numeeristen arvioiden käsittelyssä ja tulkinnessa. Tämä koettiin riittäväksi, koska tutkimusotanta ei ole riittävä validien tilastollisten yhteyksien tulkitsemiseksi.



(Alasuutari 2011) eikä siihen tutkimuksessa pyrittykään. Koska osaa tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavista tekijöistä kuvasti useampi väite haastattelurungon mukaisesti, yksittäisen tekijän arviota kuvattiin sitä edustavien eri väitteiden arvioista otetulla keskiarvolla. Lisäksi väitteiden 3, 6, 15 ja 22 osalta väitteiden sisältö ja samalla haastateltavien arviot niistä arviointiasteikossa 1-5 muutettiin vastakkaissuuntaiseksi haastattelurungossa esitetystä. Tällöin väitteisiin liittyvien tekijöiden arvioiden tulkinta oli yksiselitteisempää ja edusti kappaleessa 4.3 esitellyn taulukon mukaisesti yksittäisen tekijän tekoälyn käyttöönottoon kohdistuvan vaikutuksen luonnetta.

Laadullisessa analysoinnissa muodostetaan tyypillisesti erilaisia propositioita datasta tunnistettujen yhteyksien perusteella. Kun tutkija tarkastelee, miten eri haastateltavien vastaukset tukevat näitä propositioita tai poikkeavat siitä, voidaan saavuttaa perusteltuja johtopäätöksiä. (Saunders, Lewis et al. 2012, s. 562.) Laadullinen analyysi poikkeaaakin määrällisestä analyysistä siinä, että muodostettujen propositioiden on edustettava koko aineistoa (Alasuutari 2011) joka on tärkeää huomioida aineiston analyysissä. Tämän välttämiseksi tässä tutkimuksessa pyrittiin huomioimaan mahdollisimman hyvin haastateltavien erilaisia näkemyksiä aineistoa käsitellessä. Tällä tavoin vältettiin tutkijan omien asenteiden tai uskomusten vaikutusta tutkimuksessa saavutettaviin johtopäätöksiin (Saunders, Lewis et al. 2012, s. 562).

Aineiston analyysissä erityisesti erilaiset tutkijaan liittyvät tekijät voivat vaikuttaa tutkimuksen luotettavuuteen. Tutkija saattaa tulkita haastateltavien vastauksia eri tavoin kuin haastateltavat ovat tarkoittaneet tai tahattomasti antanut omien näkemyksiensä vaikuttaa datan keräykseen ja analysointiin, jotka Saunders, Lewis et al. (2012, s. 192) mukaan tyypillisesti vaikuttavat tutkimuksen luotettavuuteen. Koska tutkijalla ei ollut aikaisempaa kokemusta tutkimuskontektista, on aineiston analysointi kuitenkin todennäköisempi objektiivisempaa, mutta edellyttää myös merkittävää perehtymistä riskien arviointiin ja jalostamoympäristön piirteiden ymmärtämiseksi aineistoa analysoidessa. Lisäksi ensimmäisen haastattelukierrokselta saatua aineistoa analysoitiin tutkimuksen nopean aikataulun vuoksi kahdessa osassa, jolloin aineistoa analysoidaan toista haastattelukierrosta varten aluksi pinnallisemmin tekoälysovellusten tunnistamiseksi. Tämä heikentää kokonaiskuvan muodostamista aineistosta.

## 5.4 Tapauskohteen esittely: Neste Oyj

Neste Oyj on suomalainen energiatoimialan yritys, joka tunnetaan tuttavallisemmin Nesteenä. Yritys perustettiin vuonna 1948 tehtävänänsä vastata Suomen öljyhuollosta ja ensimmäinen öljynjalostamo avattiin 1957 Naantaliin (Neste 2019d). Yritys identifioi itsensä kuitenkin olemalla *“paljon muutakin kuin perinteinen öljynjalostaja”* keskittymällä yhä enemmän uusiutuvien polttoaineiden sekä uusiutuviin raaka-aineisiin perustuvien tuotteiden kehitykseen. Yritystä kuvastaakin hyvin tulevaisuuskeskeisyys ja rohkeus uudistumiseen, joka näkyy yrityksen missiossa: *“Refining the future”*. (Neste 2019e.)

Nykyään Nesteen tuotanto jakautuu maantieteellisesti siten, että uusiutuvia tuotteita valmistetaan Porvoossa, Rotterdamissa ja Singaporessa sekä erilaisia öljytuotteita Naantalissa ja Porvoossa (Neste 2019g). Yrityksen keskeisimpiä liiketoiminnan osa-alueita ovat öljytuotteet, uusiutuvat

tuotteet ja näiden tuotteiden markkinointi sekä myynti. Mikäli katsotaan Nesteen liiketoimintaa kuvaavia avainlukuja, yrityksen vuoden 2018 liikevaihto oli 14,9 miljardia euroa, vertailukelpoinen liikevoitto noin 1,4 miljardia euroa ja henkilöstöä keskimäärin 5468 työntekijää. Nesteen keskeinen asiakaskunta koostuu maa-, ilma- ja laivaliikenteen sekä kemian ja muoviteollisuuden toimijoista ja tuotemyynnistä noin 40% kohdistuu Suomen markkinoille. (Neste 2019h.)

Nesteen strategiaa kuvaavat vastuullisuuteen ja kannattavaan kasvuun liittyvät tavoitteet, jotta yritys saavuttaisi aseman uusiutuvien ja kiertotalousratkaisujen globaalina johtajana. Tämä saavutetaan käytännössä toimimalla *”nopeammin ja rohkeammin”* Nesteen liiketoiminnallisissa ratkaisuissa erityisesti hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä ja kiertotalouden kehittämisessä. (Neste 2019a.) Nesteen strategiassa korostuvat kolme painopistettä uudistumisesta innovaatioiden avulla, nopeasta ja rohkeasta kasvusta sekä toiminnan tehokkuuden kehittämisestä. Toiminnalliseen tehokkuuteen vaikutetaan kehittämällä toimintaa jatkuvasti, lisäämällä digitalisaatiota liiketoiminnan prosesseissa sekä omaksumalla standardeja työskentelytavoissa. Tekoälyn käyttöönotto turvallisuusriskien arvioinnissa olisi siis strategian mukaista toimintaa jalostamoympäristön digitalisaation kehittämisessä toiminnan tehokkuuden painopisteen näkökulmasta.

Nesteen toimintaa ohjaavat organisaation ja yksittäisten työntekijöiden tasolla neljä keskeistä arvoa vastuullisuudesta, yhteistyöstä, uudistumisesta ja tuloksellisuudesta (Neste 2019b). Neste painottaa vastuullista liiketoimintaa yrityksen prosesseissa ja tukee asiakkaita vastuullisten valintojen tekemisessä. Tämä painotus vastuullisesta toiminnasta tiivistyy yrityksen visioon: *”Luomme vastuullisia vaihtoehtoja joka päivä”*. Nesteellä vastuullisuuden johtaminen koostuu neljästä keskeisestä elementistä, jotka ovat riskienhallinta, politiikat ja periaatteet, sidosryhmien osallistaminen ja olennaisuus sekä sertifioidut johtamisjärjestelmät. Käytännössä vastuullisuuteen liittyvää toimintaa tarkastellaan eri teemojen avulla, joille on luotu tavoitteet ja näiden tavoitteiden saavuttamisen seuraamista kuvaavat tunnusluvut. Näitä vastuullisuuden teemoja ovat ilmasto, kiertotalous, ympäristö ja ihmiset. (Neste 2019h.)

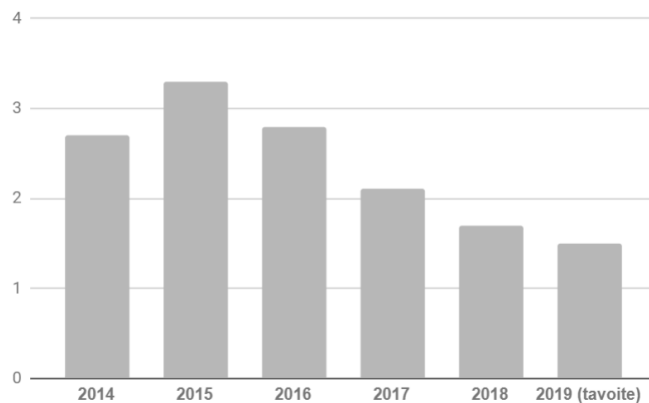
Turvallisuuden hallinta ja kehittäminen on luonnollisesti osa ihmisiin keskittyvää vastuullisuuden teemaa. Käytännössä turvallisuuden hallintaan liittyvää toimintaa ohjaavat Nesteellä henkilöstöpolitiikka, vastuullista toimintaa kuvaavat periaatteet, turvallisuuden pääsäännöt, 15 erilaista terveyttä, turvallisuutta ja ympäristöä koskevaa periaatetta sekä niitä täydentävät tarkemmat ohjeistukset (Neste 2019h). Turvallisuusjohtamisen tavoitteena Nesteellä on saavuttaa ”nolla tapaturmaa tai poikkeamaa” monien muiden teollisuusyrityksien kaltaisesti. Tämä tavoite on osa yrityksen turvallisuusvisiota, joka koostuu seuraavista tekijöistä:

- Toimimme turvallisesti ja ammattimaisesti aina ja kaikkialla.
- Suuntana nolla tapaturmaa ja poikkeamaa.
- Turvallisen työpäivän jälkeen terveenä kotiin.

Nesteen liiketoiminnassa turvallisuuden eri osa-alueita ovat henkilö-, prosessi-, tuote-, kuljetus- ja urakoitsijaturvallisuus (Neste 2019c). Henkilöturvallisuuteen viitataan tässä tutkimuksessa työturvallisuutena. Turvallisuuden osa-alueesta riippumatta keskeisiä turvallisuuteen liittyviä

käsitteitä Nesteellä ovat vaaratapahtuma, läheltä piti -tilanne ja poikkeama. Vaaratapahtumalla viitataan tilanteeseen tai olosuhteeseen, joka johtaa tai voi johtaa estettävissä olevaan poikkeamaan. Seurauksia aiheuttaneita vaaratapahtumia kutsutaan siis poikkeamiksi, kun puolestaan läheltä piti -tilanteissa vaaratapahtuma ei ole johtanut seurauksiin. Tyypillisesti työturvallisuuteen liittyviin poikkeamiin viitataan Nesteellä tapaturmina.

Nesteellä työturvallisuuden keskeisin mittari on tapaturmataajuus (*Total Recordable Injury Frequency*), joka tunnuslukuna kuvaa Nesteen henkilöstön ja urakoitsijoiden työpaikka-tapaturmien määrää miljoonaa työtuntia kohden (Neste 2019c). Tapaturmataajuuden kehittymistä vuosien 2014-2019 aikana yrityksen vuosikertomusten perusteella havainnollistetaan kuvassa 11. Vastaavasti Nesteellä seurataan prosessiturvallisuutta PSER (*Process Safety Event Rate*) -mittarilla, joka viittaa jalostusprosessissa tapahtuneiden poikkeamien määrään miljoonan työtunnin aikana (Neste 2019f).



**Kuva 11.** Tapaturmataajuus Nesteellä vuosina 2014-2019 (Neste 2019h)

Tapaturmataajuuden lisäksi työturvallisuutta seurataan turvallisten päivien (*Safe Day*) ja ennakoivien turvallisuustoimenpiteiden, kuten turvallisuuden havainnointikierrosten, turvallisuuskeskustelujen ja raportoinnin, määrällä. Turvallisten päivien määrällä tarkoitetaan päiviä, jolloin ei ole tapahtunut yhtäkään tapaturmaa tai turvallisuuspoikkeamaa. (Neste 2019h). Neste panostaa vahvasti ennakoivaan turvallisuustoimintaan ehkäisemällä vaaratilanteiden muodostumista mahdollisimman tehokkaasti. Tätä ennakoivaa turvallisuustyötä kuvastavat muun muassa viisi keskeistä turvallisuuden pääsääntöä turvalliseen työskentelyyn liittyen (Neste 2019c). Nämä viisi pääsääntöä ovat seuraavat (Neste 2019c):

1. *“Korkealla työskentely: Suojaa itsesi aina putoamiselta.*
2. *Suljetut tilat: Varmista asianmukainen lupa sisälle menoon ja tarkista kaasutestaus.*
3. *Laitteiden erottaminen: Varmista energian asianmukainen erottaminen.*
4. *Työlupa: Hanki työlupa ja noudata luvan ehtona olevia turvallisia työskentelykäytäntöjä.*
5. *Liikennevaarat: Käytä turvavyötä. Älä käytä puhelinta ajaessasi ilman handsfree-laitetta.”*

Laajemmasta näkökulmasta Nesteen HSE-riskienhallintaa ohjaavat neljä keskeistä tavoitetta. Näiden tavoitteiden mukaisesti varmistetaan tuotantolaitosten ja muiden toimintojen turvallisuus,

ehkäistään tapaturmia ja niiden sattuessa pitkiä tuotannon keskeytyksiä, tunnistetaan ja arvioidaan riskejä mahdollisimman aikaisin sekä varaudutaan ja hallitaan riskejä, mikäli vaaroja ei pystytä poistamaan. Riskienhallintaprosessin vaiheet ja eteneminen vastaavat suurimmilta osin tässä työssä kappaleessa 3.2 esiteltyä prosessikaaviota. Nesteellä riskillä viitataan mitattavaan arvoon siitä, kuinka todennäköisesti riskiä aiheuttava tekijä johtaa poikkeamaan ja kuinka vakavia seurauksia poikkeamalla olisi organisaatiolle. Vastaavasti riskianalyysi määrittellään analyysiksi siitä, millaiset asiat voivat mennä pieleen, kuinka säännöllisesti ja millaisia ovat todennäköiset seuraukset. Tämän jälkeen arvioidaan riskejä eli määritetään riskien hyväksyttävyys tyypillisesti hyödyntämällä riskimatriisia.

HSE-riskienhallintaan liittyy olennaisesti muutostenhallinta ja siihen liittyvät periaatteet. Nesteellä muutostenhallintaa toteutetaan järjestelmällisesti varmistaen, että uusista muutoksista prosesseihin liittyvissä teknologioissa, tiloissa, materiaaleissa tai ohjausjärjestelmissä ei muodostu uusia vaaroja tai tiedostamatta lisää riskitasoa muilla tavoin tuotantolaitoksella. Muutostenhallintaan liittyy myös muutoksiin liittyvä viestintä. Mikäli jalostamalla aloitetaan uusi investointiprojekti, ovat muutostenhallintaan liittyvät vaatimukset tarkemmat ja noudatetaan *Six Step Procedure* -prosessin mukaista riskienhallintaa. *Six Step Procedure* -prosessi koostuu nimensä mukaisesti kuudesta eri vaiheesta turvallisuusriskien arvioimiseksi ja siinä hyödynnetään erilaisia riskien arviointimenetelmiä prosessiin ja rakentamiseen liittyvien vaarojen tunnistamiseksi investointiprojektin luonteesta riippuen. Rakennusprojektien yhteydessä prosessin neljännessä vaiheessa tehdään rakentamiseen liittyvää riskianalyysia, jossa tunnistetaan rakentamiseen liittyviä riskejä ja määritellään tarkempia töiden suunnitteluun ja riskien arviointiin liittyviä edellytyksiä. Jalostamoympäristön kunnossapito- ja rakennustyömaat liittyvät tyypillisesti investointiprojekteihin tai muihin hankkeisiin.

Työturvallisuuden riskienhallinta perustuu Nesteellä vahvasti ihmisten toimintaan ja HSE-johtamisen riskienhallintakeinoihin, mikä tarkoittaa käytännössä erilaisten turvallista työskentelyä ohjaavien toimenpiteiden ja ohjeiden määrittämistä, hyödyntämistä sekä niiden toimivuuden säännöllistä arviointia ja seuraamista. Nesteellä on määritelty virallisia periaatteita järjestelmälliseen työturvallisuuden riskien arviointiin. Käytännössä rutiinityötehtävien suorittamista ohjaavat standardoidut työohjeet, joiden avulla työntekijä voi varmistua tehtävän suorittamisen edellytyksistä ja riskien luonteesta. Näitä rutiininomaisia työtehtäviä ovat esimerkiksi laitteiston ylläpitoon liittyvät tehtävät. Työntekijöillä on oltava aina päivitetyt, ymmärrettävissä olevat, tarkat ja riittävän kattavat ohjeet hyödynnettävissä. Mikäli kyseessä ei ole rutiininomainen työtehtävä, noudatetaan turvallisen työskentelyn käytäntöjä huolehtien asianmukaisesta työluoprosessista. Työluvan myöntämisellä tarkoitetaan työn aloittamisen kannalta turvallisten olosuhteiden varmistamista. Tällaisia työtehtäviä edustavat esimerkiksi jalostamon rakennustyömaiden työtehtävät, jotka nostavat jalostamon riskitasoa. Lisäksi työtehtävästä riippumatta kaikilla työntekijöillä ja urakoitsijoilla on velvollisuus keskeyttää työskentely, mikäli työskentelyn turvallisuutta ei voida varmistaa.

Työtehtävää aloittaessa on pakollista työn toteuttavasta tahosta riippumatta suunnitella työprosessin kulkua ja turvallista työskentelytapaa niin rutiinitehtävissä kuin korkean riskin töissä. Tällöin puhutaan työn turvallisuussuunnitelmasta, jossa tunnistetaan työn eri vaiheet, niihin liittyviä vaaroja ja keinoja näiden vaarojen poistamiseksi tai pienentämiseksi. Käytännössä työsuunnitelmassa siis näkyy, miten työhön liittyvät vaarat huomioidaan työskentelyssä työluvan myöntämistä varten. Mikäli kyseessä on korkean riskin työ, toteutetaan ennen työluvan myöntämistä työriskien arviointi. Työriskien arvioinnissa työn toteuttajan tekemän vaiheistetun työsuunnitelman mukaisesti tunnistetaan jokaisesta työvaiheesta riskejä ja pohditaan toimenpiteet niiden ehkäisemiseksi.

Porvoon jalostamalla työturvallisuusriskien arviointiin liittyvät keskeisimmät tietojärjestelmät ovat tällä hetkellä seuraavat:

- NCR (*Neste Continuous Improvement Reporting*) -järjestelmä: turvallisuuteen liittyvien poikkeamien, läheltä piti -tilanteiden ja havaintojen raportointijärjestelmä
- M+ -järjestelmä: omaisuuden hallinta- ja ylläpitojärjestelmä sisältäen tietoa muun muassa työtilauksista ja -luvista

Näiden tietojärjestelmien lisäksi Nesteellä on tällä hetkellä käynnissä sähköisen työluva-järjestelmän käyttöönottoon liittyvä projekti. Tutkimusprosessin aikana yksityiskohdat käyttöön tulevan järjestelmän toiminnallisuuksista eivät olleet vielä selvillä. Uuden järjestelmän toiminnallisuuksia liittyy erityisesti työn turvallisuussuunnitelman ja riskien arvioinnin tekemiseen sähköisesti, työtehtäviin liittyvien jäännösriskien arvioinnin tukemiseen ja sen perusteella työluvan hyväksyntätason määrittämiseen sekä työluvan myöntämiseen työn eri työvaiheille niiden etenemisjärjestyksessä yhden työkokonaisuuden sijaan.

## 6. TUTKIMUKSEN TULOKSET

Asiantuntijahaastatteluiden avulla saatuja tuloksia voidaan esitellä tutkimuskysymyksiä kuvaavien teemojen mukaisesti. Kappaleissa 6.1-6.3. tarkastellaan ensimmäisen haastattelukierroksen eli haastatteluiden 1-3 tuloksia ja kappaleissa 6.4.-6.5. toisen haastattelukierroksen eli haastatteluiden 4-8 tuloksia.

### 6.1 Työturvallisuuden kehityskohteet riskien arvioinnin näkökulmasta

Ennen kuin haastateltavilta kysyttiin työturvallisuuden kehityskohteista kartoitettiin haastatteluissa työturvallisuuden riskien arviointiin liittyvien tehtävien nykytilannetta taustatiedoksi muille tutkimuksessa tarkasteltaville osioille. Tämän jälkeen syvennytään haastatteluiden perusteella tunnistettuihin työturvallisuuden kehityskohteisiin riskien arvioinnin näkökulmasta.

Jalostamoympäristössä on käytössä erilaisia riskien arviointimenetelmiä riippuen työmaahan liittyvän hankkeen tai projektin laajuudesta ja luonteesta. Vanhempi HSE-insinööri ja teknisten päälliköiden esimies mainitsivat, että riskien arvioinnin menetelmät ovat kattavia ja niitä on paljon, mikä asettaa haasteita niiden muistamiselle ja tietämiselle. HSE-päällikkö ja Operational Excellence-johtaja kuvailivat, että suuremman investointihankkeen yhteydessä hyödynnettävän *Six Step Procedure* -riskienhallintaprosessin neljännessä vaiheessa voi olla käytössä 10 eri riskienarviointimenetelmää riskien tunnistamiseksi. Erityisesti suurien rakennus- ja muiden investointihankkeiden yhteydessä riskien arviointi on monivaiheista ja osallistaa useita eri osapuolia. Konserni-HSE-johtajan mukaan erilaisista menetelmistä huolimatta riskien arvioinnissa tavoitellaan aina suuremman työkokonaisuuden pilkkomista pienempiin ja hallittavampiin osiin.

Mitä lähemmäs varsinaista työn suorittamisen ajankohtaa päästään, työturvallisuusriskien arvioinnin menetelmät muuttuvat yhtenäisemmiksi ja esille tulevat käytännöt liittyen turvalliseen työtapojen suunnitteluun, työriskien arviointiin ja työlupamenettelyyn. Teknisten päälliköiden esimies tarkensi, että työriskien arvioinnissa määritellyt ehdot kirjataan työlupa- ja operaattori käy tarkastamassa työkohteessa, että työluvan mukaiset aloitusehdot toteutuvat esimerkiksi tarvittavien varusteiden suhteen työn aloitusluvan myöntämiseksi. Konserni-HSE:n johtaja mainitsi, että riskien arviointiin liittyy näiden käytäntöjen lisäksi työntekijän vastuu arvioida työskentelyn turvallisuutta aina ennen työn aloittamista.

Haastatteluiden perusteella työturvallisuusriskien arvioinnin tehtävissä on tyypillistä erilaisten lomakkeiden ja tarkistuslistojen hyödyntäminen, niiden suorittamiseen kuluu aikaa ja ne toistuvat usein. HSE-päällikön mukaan työn laajuus vaikuttaa merkittävimmin siihen, kuinka kauan riskien arviointiin todellisuudessa kuluu aikaa. Vanhemman HSE-insinöörin ja HSE-päällikön näkökulmasta riskien arvioinnin tehtävistä oli vaikea tunnistaa tilanteita, joissa voisi olla

tehostamisen tai automatisoinnin tarvetta. Turvallisuuden varmistamiseen liittyvien tehtävien toteutuksesta ei voidakaan organisaatiossa juurikaan tinkiä. Vanhempi HSE-insinööri muotoili asian siten, että riskien arviointi ja töiden suunnittelu *”ottaa sen ajan, minkä se ottaa”* viitaten siihen, että riskien arvioinnin tehtäviä ei ole tyypillisesti nähty tehostamisen tai automatisoinnin kohteena.

Mikäli tarkastellaan työlupa- ja työturvallisuusliittymäkäytäntöjä, täydennetään sähköinen työlupalomake M+-järjestelmässä. HSEQ-päällikkö kuvaili, että tämän jälkeen työlupalomake tulostetaan, mahdollisia lisäyksiä tehdään paperiseen versioon ja lopulta työlupa suljetaan järjestelmässä. Työlupalomakkeen yhteyteen arkistoidaan alkuperäinen turvallisten työtapojen suunnitelma, työriskien arviointilomake ja mahdollisesti muita työluvan mukaisia dokumentteja, esimerkiksi mitauksia työympäristöstä. Vanhempi HSE-insinööri mainitsi, että näitä alkuperäisiä lomakkeita säilytetään sovitussa paikassa, tyypillisesti tuotantolinjojen kansioissa, ja teknisten päälliköiden esimies tarkensi, että lomakkeita arkistoidaan asetuksen mukaisesti kaksi vuotta viranomaisten tarkastuksia varten. Mikäli alkuperäisiin lomakkeisiin tulee kuitenkin päivityksiä, lomakkeiden säilytystavat vaihtelevat. Teknisten päälliköiden esimies myönsi, että lomakkeiden tallentamiseen ei ole ollut tähän mennessä sopivia keinoja.

Työmailla työnaikaisen turvallisuuden varmistamista riskien arvioinnin näkökulmasta toteutetaan työntekijöiden toimesta ja kaikilla on velvollisuus havainnoida sekä reagoida erilaisiin turvallisuuspuutteisiin. Riskien arviointiin liittyy jatkuva seuranta, joka tarkoittaa haastatteluiden mukaan käytännössä työmailla tyypillisesti viikoittaisia kunnossapito- tai turvallisuustarkastuksia, erilaisia katselmuksia ja työskentelyn valvontaa työkohteessa. Teknisten päälliköiden esimies kuvaili, että jokaiselle työlle on määriteltynä työn valvoja, joka vastaa työn suorittamisen valvonnasta käyden välillä paikan päällä seuraamassa työskentelyä.

Haastatteluiden perusteella työnaikaisen turvallisuuden varmistamisen kannalta tärkein turvallisuuskeskustelu käydään työlupakäytännön yhteydessä, jossa pyritään varmistamaan, että kaikilla työskentelyyn liittyvillä osapuolilla on riittävä tieto ja ymmärrys työhön sekä työkohteeseen liittyvistä vaaroista, mutta myös poikkeustilanteissa toimimisesta. Jos työskentelyn aikana tulee jotain poikkeavaa esille, on työntekijöitä neuvottu ottamaan yhteyttä työn valvojaan, työluvan myöntäjään tai esimieheen lisäohjeistuksen saamiseksi. Muita turvallisuusviestintään liittyviä käytäntöjä edustaa erityisesti simops-käytäntö, jossa tarkastellaan seuraavan päivän työtilannetta ja yhteensovittelaaan erilaisten töiden tekoa turvallisuuden varmistamiseksi.

Työturvallisuusriskien arvioinnin tehtävien ja niiden luonteen kartoituksen jälkeen haastateltavia pyydettiin tunnistamaan työturvallisuuden kehityskohteita rakennus- ja kunnossapitotyömailla riskien arvioinnin näkökulmasta. Haastatteluissa mainittiin yhteensä seitsemän erilaista työturvallisuuden kehityskohdetta, jotka kuvataan taulukossa 5.

**Taulukko 5. Haastatteluissa tunnistetut työturvallisuuden kehityskohteet**

Haastattelu	Tunnistettu työturvallisuuden kehityskohde
1	Riskien arviointiketjun eheys
	Työturvallisuuden nykytilanteen ymmärrys dataa hyödyntäen
	Tiedonkulun varmistus työn suorittamisen aikana
2	Riskien arvioinnin laatu
3	Työympäristön kokonaisriskitason ymmärrys
	Ennakoiva turvallisuustoiminta
	Työntekijöiden riskitietoisuus ja kyky tunnistaa riskejä

HSEQ-päällikön mukaan ennakoivan turvallisuustoiminnan kehittäminen on yksi työturvallisuuden kehityskohteista jalostamoympäristössä, jolloin turvalliset työskentelyolosuhteet on varmistettava mahdollisimman hyvin jo työskentelyn suunnittelun yhteydessä. Hän mainitsi, että työn aikaisissa keskeytyksissä erilaisiin turvallisuuspuutteisiin reagoidessa turvallisuustoiminnassa ollaan jo myöhässä ja nämä keskeytykset aiheuttavat kustannuksia. Ennakoiva turvallisuustoiminta näkyy hänen mukaansa siten, että ennen työn aloittamista työntekijät ovat riskitietoisia ja tietävät, miten toimia poikkeustilanteissa.

Ennakoiva turvallisuustoiminta voidaan nähdä työturvallisuuden kehittämisen tavoitteena, johon vaikutetaan muiden tunnistettujen kehityskohteiden kautta. Tähän perustuen kehityskohteita voidaan hierarkisoida siten, että ennakoivan turvallisuustoiminnan kehittäminen jakautuu alemman tason kehityskohteisiin. Muiden tunnistettujen työturvallisuuden kehityskohteiden osalta tehtiin jäsentelyä siten, että riskien arviointiketjun eheyteen ja riskien arvioinnin laatuun liittyvät kehityskohteet yhdistettiin yhdeksi kehityskohteeksi, koska ne liittyvät vahvasti toisiinsa ja tätä yhteyttä tarkennetaan seuraavassa kappaleessa. Tämän perusteella tutkimuksessa tunnistettuja työturvallisuuden kehityskohteita riskien arvioinnin näkökulmasta on siis yhteensä viisi. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan lähemmin näitä kehityskohteita, jolloin ensin esitellään lyhyesti haastateltavien kuvaukset kehityskohteista ja tämän jälkeen kuvaillaan muiden haastateltavien huomioita riskien arvioinnin nykytilanteesta samaan aihepiiriin liittyen.

### **Riskien arvioinnin eheys ja laatu**

Konserni-HSE:n johtajan mukaan työturvallisuuden kehittämisen haasteena on, miten varmistetaan tiedon siirtyminen aina edellisestä riskien arvioinnin vaiheesta seuraavaan siten, että lopulta työn suorittajalla on riittävä tieto ja ymmärrys työhön ja työkohteeseen liittyvistä riskeistä. Myös HSE-päällikkö tunnisti tiedon siirtymiseen liittyvän joskus haasteita suurempien hankkeiden valmisteluvaiheessa, jossa osa riskien arviointien tuloksista ei välttämättä aina siirry vaiheesta toiseen, kun myöhemmin tarkastellaan eri vaiheissa suunniteltujen toimenpiteiden toteutumista.

Mikäli tieto saataisiin tehokkaammin siirtymään aina edellisestä riskien arvioinnin vaiheesta seuraavaan, parannetaan riskien arvioinnin laatua. Teknisten päälliköiden esimies nosti riskien arvioinnin laadun yhdeksi työturvallisuuden kehityskohteeksi, sillä organisaatiossa on tarve



kehittää riskien arvioinnin laadun varmistamismenetelmiä ja saada tehokkaammin tietoa sattuneista poikkeamista riskien arvioinnin ohjaamiseksi, esimerkiksi vaihtoehtojen työmenetelmien pohtimiseksi. Konserni-HSE:n johtaja mainitsi, että erityisesti riskien arvioinnin laatua olisi pystyttävä nostamaan rutiininomaisissa standarditoissa, jotka eivät edellytä työlupamenettelyä, riskitietoisuuden varmistamiseksi.

Erityisesti riskien arvioinnin eheyteen ja laatuun voidaan vaikuttaa työlupakäytännössä, jonka haastateltavat nostivat keskeisimmäksi tehostamisen tai automatisoinnin tarpeen kohteeksi. Konserni-HSE:n johtaja kuvaili, että työlupakäytännön olisi varmistettava turvallisuutta paremmin paperilla tekemisen sijaan ja aiemmin tehtyjen riskien arviointien olisi hyvä linkittyä päivittäiseen työlupaan. Toisaalta hänen mukaansa myös työtehokkuutta olisi lisättävä nopeamman työlupakäytännön avulla, jolloin varsinaiselle työnteolle jäisi enemmän aikaa. Teknisten päälliköiden esimies koki tarpeelliseksi, että pystyttäisiin paremmin varmistamaan, että työluvassa on määritelty riittävän yksityiskohtaisesti tehtävä työ ja siihen tarvittavat suojaukset.

Haastatteluiden perusteella työlupakäytännön manuaalisuus kuitenkin aiheuttaa tällä hetkellä haasteita riskien arvioinnin eheyden ja laadun kehittämiseksi, sillä nykyisten tietojärjestelmien tarjoama tuki tietojen tallentamiseksi ja hyödyntämiseksi on vähäistä. HSE-päällikkö ja HSEQ-päällikkö olivat yhtä mieltä siitä, että riskien arviointiin liittyvistä tehtävistä suurin osa tehdään tällä hetkellä kynällä ja paperilla. Sisällöltään työturvallisuuden riskien arviointilomakkeet ovat kuitenkin vanhemman HSE-insinöörin mukaan yksinkertaisia. Yksinkertaisuus selittyy osittain teknisten päälliköiden esimiehen maininnalla siitä, että esimerkiksi turvallisten työtapojen suunnitelmalle on käytössä työtehtäville yhteinen lomake.

### **Työturvallisuuden nykytilan ymmärrys dataa hyödyntäen**

Konserni-HSE:n johtaja toi esille keskeisenä työturvallisuuden kehityskohteena tietoisuuden kehittämisen työturvallisuuden nykytilanteesta hyödyntämällä tehokkaammin nykyistä turvallisuuteen liittyvää dataa. Tätä kautta voitaisiin hänen mukaansa kehittää työturvallisuuden mittaamista ja ohjata riskien arviointia oikeisiin asioihin keskittymiseksi. Haasteltavien vastausten perusteella data-analytiikkaa ei tällä hetkellä juurikaan hyödynnetä riskien arvioinnin tukena.

Kun haastateltavilta kysyttiin työturvallisuuden mittamiseen tällä hetkellä hyödynnettävien menetelmien kehittämisen tarpeesta, ilmeni erityisesti tarvetta NCR-järjestelmässä olevan datan hyödyntämiselle. HSEQ-päällikkö mainitsi, että NCR:ään raportoitavia havainnointikierroksia tehdään yli 1000 kuukaudessa, joten järjestelmään on kertynyt merkittävästi dataa turvallisuushavainnoista. Havainnointiraportit sisältävät tyypillisesti strukturoitua dataa ja vapaamuotoista tekstiä. Kyseisessä järjestelmässä ovat kuitenkin rajoittuneet analysointimahdollisuudet, jonka vuoksi raportoitua dataa ei ole saatu hyödynnettyä riittävällä tasolla. HSE-päällikön kuvailun perusteella kyseisen datan analyysi on tällä hetkellä karkeatasoista ja manuaalista, sillä syvemmät analyysit joudutaan tekemään erikseen Excel-tiedostoissa. Myös vanhempi HSE-insinööri painotti, että analyysien tekeminen yksinkertaisistakin asioista on aikaa vievää. Käytännössä tällä hetkellä havainnot käydään läpi uusien kirjausten yhteydessä ja niihin reagoidaan toteuttamalla mahdollisia toimenpiteitä sekä lisäämällä tietoisuutta.

Haastateltavien vastausten perusteella työturvallisuuden ennakoivia mittareita olisi tarve kehittää. Teknisten päälliköiden esimies toi esille, että erityisesti läheltä piti -tilanteista saatavaa tietoa ei hyödynnetä riittävästi tällä hetkellä ja työturvallisuuden mittamiseen tarvitaan enemmän ennakoivia mittareita läheltä piti -tilanteiden määrän lisäksi. Myös vanhempi HSE-insinööri ja HSEQ-päällikkö tunnistivat vastaavan tarpeen, sillä nykyisten ennakoivien turvallisuusmittareiden avulla on vaikea löytää kiinnostavia asioita ja yhteisiä tekijöitä tapausten taustalla pidemmältä aikajaksolta. HSE-päällikkö kuvaili, että tämän hetkinen turvallisuuden mittaristo ei ole täysin kunnossa viitaten hyvin perustasoisen datan ja automaation puutteeseen turvallisuusmittareiden tulosten yhteyksistä. Myös työlupiin liittyvä perustason dataa ei ole hyödynnetty M+-järjestelmästä, kuten työlupien määriä alueittain ja myöntäjäkohtaisesti, jonka esille tuomisesta konserni-HSE:n johtaja oli kiinnostunut.

### **Tiedonkulku työn suorittamisen aikana**

Konserni-HSE:n johtaja toi esille työturvallisuuden kehittämiskohteena tiedonkulun työn suorittamisen aikana. Hän mainitsi, että tuotantolinjojen yhteydessä oleva työympäristö on ex-alueetta eli räjähdysvaarallista aluetta, jolloin tekniikan, kuten matkapuhelimien, käyttöä on rajoitettu alueella. Tällä hetkellä konserni-HSE:n johtajan mukaan käynnissä olevien työmaiden tilanteesta työkohteessa on vaikea saada tietoa, joka vaikeuttaa erilaisiin turvallisuuspuutteisiin reagoimista. Tämän kuvailun perusteella tiedonkulkua työn suorittamisen aikana olisi tarpeen tehostaa niin työkohteessa työntekijöiden välillä kuin jalostamoympäristössä toimistotyöntekijöiden ja työmailla työskentelyn välillä.

Kysyttäessä työnaikaisen turvallisuuden varmistamiseen liittyvistä viestintätavoista työlupa-toimiston, palveluntoimittajien työntekijöiden ja Nesteen työntekijöiden välillä on selvää, että jalostamoympäristö asettaa omat haasteensa tehokkaalle viestinnälle ja siinä hyödynnettäville apuvälineille. Haastateltavien vastausten perusteella keskeisin viestintää tukeva työkalu on tällä hetkellä työntekijöiden käytössä olevat radiopuhelimet, joita ei ole kuitenkaan jokaiselle. Tästä huolimatta vanhempi HSE-insinööri ja HSE-päällikkö kokivat, että pääsääntöisesti päivittäisessä työskentelyssä ei viestintään liittyviä merkittäviä viiveitä pääse muodostumaan selkeiden ohjeistusten ansiosta. Vanhempi HSE-insinööri kuvaili, että tyypillisesti työn suorittamisen aikana tulevat turvallisuushavainnot pystytään hoitamaan työkohteessa ja niistä raportoidaan NCR-järjestelmään myöhemmin. Viestinnän haasteellisuutta jalostamoympäristössä kuitenkin lisää töiden toteutuksessa hyödynnettävä suuri määrä eri palveluntoimittajia. Käytännössä tämä näkyy konserni-HSE:n johtajan mukaan siten, että työmailla työskentelee tyypillisesti hyvin erilaisilla taustoilla toimivia työntekijöitä, joka näkyy kansallisuuksien ja puhuttujen kielten määrässä erityisesti suurseisokin aikana.

Teknisten päälliköiden esimies kuvaili, että tiedonkulku ei ole riittävän systemaattista viitaten erityisesti puutteelliseen tietoon työntekijöiden liikkumisen seuraamisesta ja paikallistamisesta. Tällä hetkellä työntekijöiden seuraamiseen on ollut hyödynnettävissä työympäristön kulunvalvontatiedot ja kamerajärjestelmä, mutta kameroiden rajallisen määrän vuoksi niillä voidaan

seurata vain yksittäisiä alueita kunakin hetkenä. HSEQ-päällikkö mainitsi, että käytännössä jalostamoalueen kameroilla voidaan seurata tällä hetkellä yksittäisiä työmaita.

Keskeisimmäksi työnaikaisen turvallisuuden varmistamiseen liittyväksi haasteeksi nostettiin hätätilanteista tehokas hälyttäminen ja niiden yhteydessä ihmisten evakuointi. Työnaikaiseen tiedonkulun varmistamiseen liittyen HSE-päällikkö mainitsi vakaviin poikkeustilanteisiin liittyvän viiveen mahdollisuuden tiedonkulussa, vaikka käytössä oleva kaiutinkuulutusjärjestelmä on hyvä verrattuna moniin muihin työympäristöihin vakavissa poikkeustilanteissa ihmisten evakuoimiseksi alueelta. Hän kuvaili, että kuulutuksen tekemiseen saattaa liittyä viivettä, joka voi osoittautua kohtalokkaaksi esimerkiksi kaasuvuodon yhteydessä.

### **Työympäristön kokonaisriskitason ymmärrys**

HSE-päällikkö nosti työturvallisuuden kehityskohteeksi työympäristöön liittyvän kokonaisriskitason ymmärtämisen eri osapuolien toimesta. Hän kuvaili asiaa siten, että työskentelyssä ei voida keskittyä vain yksittäisiin töiden riskien ymmärtämiseen vaan on hahmotettava samanaikaisten erilaisten töiden muodostama kokonaisuutta työympäristössä. Hänen mukaansa olisi hyödyllistä saada laajempi näkymä työympäristön kokonaisriskitasosta jalostamoalueella siten, että se olisi näkyvillä niin tuotantopäälliköille, käytönvalvojille sekä työluvan myöntäjille. Tällöin työympäristön kokonaistilanteen hallinnan vastuuta voitaisiin jakaa lisäämällä ymmärrystä kulloisestakin riskitilanteesta. Erityisesti tämä helpottaisi työluvan myöntäjän toimenkuvaa, koska työluvan myöntäjille kertyy paljon vastuuta ja painetta kiiretilanteissa työympäristön kokonaistilanteen hallinnasta. Tällä hetkellä töiden yhteensovittamisen ja aikataulutuksen suunnittelua tehdään työluvan myöntämisen lisäksi simops-käytännössä, joka HSE-päällikön mukaan saatetaan käytännössä toteuttaa magneettitaulun avulla.

Tarve työympäristön kokonaisriskitason ymmärtämiseen liittyy vahvasti jalostamon työmaiden ominaispiirteisiin, joita haastaltavia pyydettiin kuvailemaan. Vastausten perusteella jalostamon työmailla tehdään paljon erilaisia töitä keskellä käyvää laitosta ja riskejä muodostuu erityisesti työmailla työskentelyn ja tuotantoprosessin yhteensovittamisesta. Koska jalostamo on suur-onnettomuusvaarallinen laitos, liittyy työmaihin erilaisia vaaroja erityisesti kemikaaleihin liittyen toisiin toimialoihin verrattuna. HSE-päällikkö ja vanhempi HSE-insinööri kuvailivat, että kemikaalit vaikuttavat työskentelyyn vähintään maaperän olosuhteiden takia, vaikka työskentelyalue ei olisikaan jalostusprosessiin yhteydessä tai työskentelyyn ei muuten liittyisi kemikaaleja. Tähän perustuen vanhempi HSE-insinööri mainitsi, että vaaroja ympäristön olosuhteisiin liittyen esiintyy aina, vaikka turvallista työskentelyä suunnitellaan huolellisesti.

Jalostamoympäristössä esiintyy haasteita myös yksittäisten työläjien yhteensovittamisesta turvallisuuden varmistamiseksi, koska erilaiset samanaikaisesti toteutettavat työt jalostamoympäristössä vaikuttavat toisiinsa. Konserni-HSE:n johtaja mainitsi, että samalla alueella saatetaan toteuttaa esimerkiksi rutiininomaisia kunnossapitotöitä, yksittäistä seisokkia tai investointiprojektia eikä näiden töiden ohjausta toteuteta keskitetysti. Vanhempi HSE-insinööri kuvaili, että työmaiden ominaispiirteenä on työympäristön ahtaus töiden suuren määrän vuoksi.

Töitä muodostuu paljon myös sen vuoksi, että työympäristössä ei HSEQ-päällikön ja HSE-päällikön mukaan kuule juurikaan töistä kieltäytymistä työympäristön olosuhteisiin vedoten.

### **Työntekijöiden riskitietoisuus ja kyky tunnistaa riskejä**

Vanhempi HSE-insinööri mainitsi työturvallisuuden keskeiseksi kehityskohteeksi työntekijöiden riskitietoisuuden ja kyvyn tunnistaa riskejä työntekijän roolista riippumatta. Hänen mukaansa turvallisuuteen liittyvien kokemusten ja oppimisen jakamista sekä viestintää olisi tarve lisätä työntekijöiden keskuudessa erityisesti työn aloittamiseen liittyvässä riskien arvioinnissa. Hän kuvaili, että jokaisen työntekijän kykenevän riskien arviointiin kokemuksesta riippumatta ja työyhteisössä olisi korostettava kulttuuria riskien tunnistamisesta yhdessä keskustellen.

Työn valvojien riskien arviointikykyyn liittyvä aihepiiri nousi haastatteluissa esille kysyttäessä riskien arviointiin liittyvien tehtävien tehostamisen tai automatisoinnin tarpeesta. Teknisten päälliköiden esimiehen mukaan *“valvontaahan ei voi missään nimessä automatisoida”* viitaten siihen, että ihmisen on oltava aina vastuussa turvallisen työskentelyn toteutumisesta kunakin hetkenä. Vanhempi HSE-insinööri kuitenkin koki, että tällä hetkellä valvojien osaaminen ei ole riittävällä tasolla tunnistamaan työhön liittyviä vaaroja ja edellytyksiä työriskien arvioinnista tietynlaiselle työlle sekä arvioimaan, miten tehtävät toimenpiteet vaikuttavat työn riskitasoon eli jäännösriskiä. Tällöin työriskien arviointia toteutetaan herkästi ja riskien arviointiin kuluu enemmän aikaa.

Haastateltavien vastausten perusteella työntekijöiden riskitietoisuuteen ja kykyyn tunnistaa riskejä vaikuttavat työntekijöiden piirteet ja työskentelyn olosuhteet. Konserni-HSE:n johtaja mainitsi, että työturvallisuuden hallinnan vakiintuneiden menetelmien takia tehokkaaseen työturvallisuuden hallintaan vaikuttavat tyypillisesti työntekijöiden ymmärrys, motivaatio, kiire ja osaaminen riskien arvioinnissa. Erityisesti kiire on tyypillistä seisokkiin liittyville rakennustyömaille vanhemman HSE-insinöörin kuvailun mukaan. Työntekijöiden ymmärrykseen vaikuttaa myös aikaisemmin sattuneet vaaratilanteet ja vanhempi HSE-insinööri mainitsikin, että kyky huomioida vaaroja on tyypillisesti parempia kokeneemmilla työntekijöillä.

Pätevyyksistä huolehtiminen on keskeinen näkökulma työntekijöiden riittävän riskitietoisuuden varmistamiseen. Teknisten päälliköiden esimies viittasi työntekijöiden riittävään osaamisen varmistamiseen siitä näkökulmasta, että tällä hetkellä tietoa työntekijöille myönnettyistä luvista ja pätevyyksistä on hajaantunut useisiin eri järjestelmiin, mitä olisi hyvä saada yhtenäistettyä. Vanhempi HSE-insinööri puolestaan kuvaili riskitietoisuuteen ja riskien tunnistamiskykyyn liittyvää työntekijöiden pätevyyttä seuraavasti: *“oletko sinä juuri sillä hetkellä, sinä päivänä, pätevä siinä yksikössä tekemään tämän (työtehtävän)”*. Tällä hän viittasi pätevyyden olevan laajempi käsite kuin tarvittavien koulutuksien ja ohjeistuksien läpikäymistä. Myös HSE-päällikkö kuvaili pätevyyteen liittyvän tietoisuus erilaisista tapahtuneista turvallisuuspoikkeamista esimerkiksi pidemmän tauon jälkeen. Tällöin jalostamoympäristössä riittävä pätevyys on osittain tilannesidonnaista.

## 6.2 Tekoälyn hyödyntämismahdollisuudet riskien arvioinnissa

Haastateltavilta kysyttiin erilaisten tekoälyteknologioiden toiminnallisuuksiin liittyviä kysymyksiä tavoitteena kartoittaa, millaisia tekoälylle soveltuvia tilanteita tai tehtäviä tietynlaiseen työturvallisuuden kehityskohteeseen voisi liittyä. Tämän perusteella tunnistettiin tekoälyn erilaisia käyttökohteita ja niihin soveltuvia tekoälyteknologioita työturvallisuusriskien arvioinnin tehtävissä.

### 6.2.1 Tekoälyn käyttökohteet

Tutkimuksessa tunnistettiin yhteensä 10 erilaista tekoälyn käyttökohdetta työturvallisuuden kehityskohteisiin vaikuttamiseksi. Hyödyntämällä tekoälyä näissä käyttökohteissa voidaan vaikuttaa vähintään yhteen työturvallisuuden kehityskohteeseen, osassa useampaankin. Seuraavissa kappaleissa kuvataan tarkemmin jokaista näistä tekoälyn käyttökohteista.

#### Tapaturmien ja läheltä piti -tilanteiden analysoiminen

Tekoälyä voitaisiin hyödyntää työturvallisuuteen liittyvien tapaturmien ja läheltä piti -tilanteiden tehokkaampaan analysointiin NCR-järjestelmästä. Data-analytiikalla kehitettäisiin työturvallisuuden nykytilanteen ymmärrystä löytämällä yhteyksiä tapahtuneiden tapausten taustalla, yksittäisten työtehtävien ja niihin liittyvien poikkeamien ja huomioiden välillä sekä turvallisuusmittareiden tuloksien välillä. Teknisten päälliköiden esimies toi esille, että ennakoivien turvallisuusmittareiden luominen edellyttäisi erityisesti läheltä piti -tilanteiden taustalla olevien toistuvien kaavojen tunnistamista ja analysoimista. Tavoitteena on hänen mukaan *“löytää jotain, missä voidaan olla parempia”* viitaten siihen, että analysoinnin tulosten perusteella voidaan määrittää uusien vaaratilanteiden ehkäisyyn tarvittavia toimenpiteitä.

NCR-järjestelmän datan analysoinnista saatavia tuloksia voitaisiin ristiinanalysoida myös muista lähteistä saatavilla olevan datan kanssa mahdollisten uusien työturvallisuuteen liittyvien oivalluksien löytämiseksi. Konserni-HSE:n johtaja nosti esille kiinnostusta sattuneiden poikkeamien ja myönnettyjen työlupien välillä. Hän kuvaili, että yhdistelemällä dataa työlupiin ja turvallisuuspoikkeamiin liittyen voitaisiin tukea riskien arviointia ymmärtämällä paremmin, millaisten tapahtumien seurauksena poikkeamia syntyy. Esimerkiksi töiden suunnitteluvaiheessa voidaan huomioida, jos vaaratilanteille on suurempi todennäköisyys työympäristössä, kun voimassa olevien työlupien tai korkean riskin töiden määrä alueella ylittää tietyn raja-arvon. Tämän kaltaista tietoa voitaisiin hyödyntää työympäristön kokonaisriskitason ymmärtämiseen vaikuttamiseksi simops-käytännössä ja työluvan myöntämisen yhteydessä. Mikäli selvitettäisiin tarkemmin, millaisten työlupien myöntäminen on tyypillisesti edellyttänyt työriskien arvioinnin toteutusta, voitaisiin tukea myös työntekijöiden kykyä tunnistaa työriskien arvioinnin tarvetta erilaisille töille.

#### Riskien ennakoiminen

Tekoälyn avulla voitaisiin analysoida aikaisemmin tehtyjä riskien arviointeja sekä tapahtuneita tapaturmia tietynlaiseen työtehtävään liittyen vaarojen tunnistamiseksi ja niille altistumisen

ennakoimiseksi riskien arvioinnissa. Tällä tekoälyn käyttökohteella voitaisiin vaikuttaa riskien arviointiketjun eheyteen ja laatuun sekä työntekijöiden riskitietoisuuteen ja riskien tunnistamiskykyyn. Konserni-HSE:n johtajan mukaan riskien arviointeja tehdään toistuvasti saman tyyppisille työtehtäville, jolloin voitaisiin hyödyntää aikaisempia riskien arviointilomakkeita tunnistamaan, millaisia riskejä on tyypillisesti tunnistettu tietynlaiseen työtehtävään liittyen. Myös vanhempi HSE-insinööri ja teknisten päällikköiden esimies tukivat ajatusta tuoden esille, että voitaisiin luoda yksityiskohtaisempi riskien arviointilomake tai tarkistuslista kuvaamaan tietynlaista arvioitavaa työtehtävää erityisesti korkean riskin töille, jolloin työntekijöitä voitaisiin ohjata keskittymään tietynlaisiin asioihin arvioinnin yhteydessä.

Riskien arviointiketjun eheyteen ja laatuun sekä työntekijöiden riskitietoisuuteen ja riskien tunnistamiskykyyn voitaisiin hyödyntää luokittelua myös lisäämällä tietoisuutta tietynlaiseen työtehtävään liittyneistä aikaisemmin sattuneista turvallisuuspoikkeamista ja läheltä piti -tilanteista. Konserni-HSE:n johtaja kuvaili, että tällöin varmistettaisiin, että aikaisemmista kokemuksista opittaisiin tehokkaammin. HSE-päällikön mukaan vastaavalla logiikalla voitaisiin tuoda esille riskien arviointiin huomioita vuoropäiväkirjaan tehdyistä havainnoista tuotantoprosessin tilasta. Riskien arviointiin esille tuotaville riskeille voitaisiin teknisten päällikköiden esimiehen mukaan muodostaa poikkeamista saatujen tietojen perusteella karkeatasoinen riskiluokka, esimerkiksi kohonnut tai normaali.

### **Riskien mitigointikeinojen ehdottaminen**

Haastattelujen perusteella riskien arvioinnissa tarvittava tieto tai asiantuntemus on yleisesti tapauskohtaista, joka olennaisesti vaikeuttaa tekoälyn soveltuvuutta riskien arviointiin liittyvässä päätöksenteossa. Haastateltavat kuvailivat, että riskien arvioinnissa työtehtävän suorittamisen edellyttämien toimenpiteiden yhteydessä on kuitenkin hyödynnettävissä selkeitä sääntöjä riskien esimerkiksi kemikaalien käsittelyyn käyttöturvallisuustiedotteista ja turvallisuuden pääsäännöistä. Konserni-HSE:n johtajan mukaan työntekijöille on myös muodostunut kokemuksen myötä mieleen erilaisia sääntöjä tilanteissa toimimisesta. Hän kuitenkin painotti, että jokaiseen riskiin vaikuttamiseksi ei ole selvää toimenpidettä ja arvioinneissa saatetaan hyödyntää erillisiä asiantuntijoita esimerkiksi sähkötöiden yhteydessä.

Riskien arvioinnin tapauskohtaisuudesta huolimatta keskeiseksi teemaksi haastattelussa nousi riskien mitigointiin tai suojautumiseen liittyvien toimenpiteiden ehdottaminen tekoälyn avulla tunnistettujen riskien perusteella. Tällä tekoälyn käyttökohteella voitaisiin vaikuttaa riskien arvioinnin eheyteen ja laatuun sekä työntekijöiden riskitietoisuuteen ja riskien tunnistamiskykyyn. HSE-päällikkö kuvaili, että työntekijöille voitaisiin tarjota jonkin tyyppinen tarkistuslista tai huomioita työtehtäväkohtaisesti minimissään tarvittavasta suojautumistasosta riskien arvioinnin tukemiseksi jos määriteltäisiin, että tietynlaiseen työtehtävään liittyy esimerkiksi telinetöitä. Käytännössä tämä voisi näkyä esimerkiksi teknisten päällikköiden esimiehen kuvailun mukaisesti siten, että työluvan myöntäjä voisi varmistaa ehdotettujen toimenpiteiden perusteella, että työluvassa on huomioitu asiat riittävällä tasolla erityisesti tilanteissa, joissa työluvaa myöntävällä henkilöllä on ollut pidempi tauko taustalla tai ei kiireessä muista jotain yksityiskohtaa.

### **Työympäristön olosuhteiden ennakoiminen**

Tekoälyllä voitaisiin ennakoida työympäristöön liittyviä olosuhteita, jolla voitaisiin vaikuttaa tiedonkulun varmistukseen työn suorittamisen aikana. Konserni-HSE:n johtaja mainitsi, että säähän ja ympäröivään prosessiin liittyvillä olosuhteilla on vaikutusta työskentelyn turvallisuuteen, jolloin niiden kehitystä olisi hyvä pystyä seuraamaan riskien ennakoimiseksi. Käytännössä tämä voisi tarkoittaa esimerkiksi, että tuulen ennustetun arvon noustessa tietyn raja-arvon yli ei nostotyötä voida tehdä tai prosessin laitteistossa tapahtuu muutos, joka vaikuttaa työkohteen turvallisuuteen.

Työympäristön olosuhteiden ennakointi edellyttäisi reaaliaikaista dataa erityisesti tuotanto-prosessista, laitteiston eheydestä, ympäristöön liittyvistä kemikaaleista, mutta myös sääolosuhteista. Kyseessä on laaja kokonaisuus reaaliaikaista dataa, jolloin työympäristöön liittyvien olosuhteiden seuraamiseksi datan keräystä olisi tarpeellista lisätä. Konserni-HSE:n johtaja kuvaili, että prosessin ohjaukseen liittyvää dataa on saatavilla erityisesti prosessinohjausjärjestelmästä, mutta erilaisia työhygienisiä mittauksia voitaisiin lisätä.

### **Turvallisuushavaintojen raportoinnin tukeminen**

Tekoäly mahdollistaisi automaattisen puheen tunnistuksen sanelemalla turvallisuushavaintoja työympäristöstä. Tällä tekoälyn käyttökohteella voitaisiin vaikuttaa tiedonkulun varmistamiseen työn suorittamisen aikana lisäämällä tietoisuutta havainnoista helpottamalla ja nopeuttamalla turvallisuushavaintojen tekemisestä entisestään. Konserni-HSE:n johtaja kuvaili, että havaintoraporttien tekemiseen ei ole mahdollisuuksia työmaalla vaan raportti tehdään tietokoneella toimistolla myöhemmin. Sanelun hyödyntäminen esimerkiksi turvallisuuskierroksilla voisi hänen mukaansa lisätä tiedon määrää ja parantaa sitä, koska tietokoneella myöhemmin raportoidessa saatetaan havaintoa kuvailla niukemmin kiireessä. Myös teknisten päällikköiden esimies mainitsi hyödylliseksi sanelun havaintojen tekemiseksi kiireessä ja mikäli tietokoneen äärelle ei ole mahdollista päästä hetkeen.

### **Viestinnän tukeminen aloitusluvan myöntämisen yhteydessä**

Tekoälyn avulla voitaisiin kääntää erilaisia riskien arviointiin liittyviä tekstejä automaattisesti eri kielille. Tällä tekoälyn käyttökohteella voitaisiin vaikuttaa tiedonkulun varmistamiseen työn suorittamisen aikana, työntekijöiden riskitietoisuuteen ja riskien tunnistamiskykyyn sekä riskien arvioinnin laatuun ja eheyteen. Virallisia työskentelykieliä tällä hetkellä jalostamoympäristössä ovat suomi ja englanti, joita nykyiset käytännöt erityisesti tukevat. Konserni-HSE:n johtaja kuitenkin kuvaili, että esimerkiksi suurseisokin yhteydessä vuonna 2015 erilaisia kansallisuuksia saattoi olla jopa 38 ja tällöin myös puhuttavien kielten määrä on suuri. Hänen mukaan monia eri kansallisuuksia edustavien työntekijöiden kanssa toimiessa korostuu entisestään työntekijöiden ymmärryksen ja tietoisuuden saavuttaminen työhön ja työkohteeseen liittyvistä vaaroista. Myös vanhempi HSE-insinööri kuvaili, että työympäristön ruuhka-aikoina esimerkiksi seisokissa aloitusluvan myöntämisessä saatetaan tarvita tulkkia tai muuta kielitaitoista työnjohtajaa, mutta myös työn suorittamisen aikana voi esiintyä tarvetta viestintään työntekijöiden ja operaattorien välillä, joka on haasteellista eri kielen vuoksi.

Automaattista tekstin kääntämistä voitaisiin hyödyntää erityisesti aloitusluvan myöntämisen yhteydessä kääntämällä työntekijän omalle kielelle esimerkiksi työlupalomake tai muita riskien arviointiin liittyviä tekstejä aloituslupaan liittyvien tietynlaisten vakioehtojen täyttymisestä. Vanhempi HSE-insinööri kuitenkin vei ajatusta vielä pidemmälle pohtien mahdollisuutta kääntää automaattisesti puhetta räjähdysuojattujen laitteiden avulla siten, että puheesta muodostuisi teksti, joka käännetään sovelluksen avulla toisen työntekijän kielelle. Erityisesti hyödyllisiä kieliä tekstien kääntämisessä haastatteluiden perusteella olisivat puola, venäjä ja saksa.

### **Työympäristön seurannan lisääminen**

Tekoälyä voitaisiin hyödyntää työympäristön tarkkailuun kameroiden avulla. Haastateltavien vastausten perusteella tämä tekoälyn käyttökohde mainittiin lähes kaikkien työturvallisuuden kehityskohteiden yhteydessä. Työympäristön turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä tarkemmalla havainnoinnilla voidaan hyödyttää laajemmin ennakoivan turvallisuuden saavuttamista. HSEQ-päällikkö kuvaili, että luotettavan ja reaaliaikaisen tilannetiedon saaminen kameroilla mahdollistaa tehokkaammin työympäristön erilaisuuksien havainnoimisen ja niistä hälyttämiseksi ja tekoälyn soveltamiseksi voitaisiin hyödyntää nykyistä digitaalista kamerajärjestelmää. Tämän kamerajärjestelmän käytön takia työympäristöön liittyen on saatavilla kuvadataa tekoälyn opettamista varten erilaisten turvallisuuspoikkeamien ja läheltä piti -tilanteiden tunnistamiseksi.

Haastatteluissa mainittiin laaja kirjo erilaisia tarpeellisia tarkkailun kohteita työympäristöön ja työmaihin liittyen. Näitä kohteita olivat työntekijöiden määrän ja sijainnin tunnistaminen, työntekijöiden kaatumisen tunnistaminen, yksin työskentelyn ja korkean riskin töiden seuraaminen sekä laitteiston ja putkiston mekaanisen eheyden tarkkailu. HSE-päällikkö mainitsi, että tällä hetkellä ei tiedetä tarkasti, kuinka paljon ihmisiä alueella on, jonka tiedostaminen erityisesti hätätilanteen yhteydessä olisi tärkeää. Hän toi esille myös yksinkertaisen esimerkin korkean riskin töiden seuraamisesta mainitsemalla, että kameroilla voitaisiin seurata säiliötyöskentelyn yhteydessä sisään ja ulos kulkevia ihmisiä kolonnin sisäpuolisissa töissä. Ajoneuvojen määrän ja sijainnin seuraaminen kameroiden avulla koettiin pääasiallisesti tarpeellisesti haastateltavien toimesta. Teknisten päälliköiden esimies koki ajoneuvojen seuraamisen tärkeänä teemana, koska räjähdysvaarallisella alueella polttomootorilla käyvä auto toimii syttymislähteenä. Vanhempi HSE-insinööri kuitenkin huomautti, että autojen pysäköinti prosessialueella on nykyään hyvin vähäistä, mutta oli kiinnostunut simops-käytännön yhteydessä jalostamoympäristön raskaan liikenteen tarkastamisesta.

### **Ennakoiva töiden suunnitteleminen ja aikatauluttaminen simops-käytännössä**

Tekoälyä voitaisiin hyödyntää samaan aikaan toteutettavien töiden suunnitteluun ja töiden tekemisen aikatauluttamisen optimointiin, jolla voidaan vaikuttaa työympäristön kokonaisriskitason ymmärtämiseen. HSE-päällikkö kuvaili, että simops-käytännössä tehty suunnitelma seuraavana päivänä toteutettavista töistä voi muuttua paljonkin, kun esimerkiksi palvelun toimittajilta tilataan kiireellisiä töitä ja tällöin töiden toteuttamisen olosuhteet muuttuvat. Myös vanhempi HSE-insinööri kertoi, että harvemmin simops-käytännössä toteutuu tehokasta töiden



suunnittelua ja yhteensovittamista turvallisuuden varmistamiseksi siten, että esimerkiksi päätettäisiin jättää joku työ tekemättä.

Tähän perustuen simops-käytännön rooli päivittäisessä turvallisuuden hallinnassa ei ole muodostunut kovin vahvaksi ja vanhempi HSE-insinööri painottikin, että töiden suunnittelua tapahtuukin käytännössä jo kyseistä käytäntöä aikaisemmin kokeneiden ja pätevien työntekijöiden, kuten valvojien ja työriskien arvioinnin vastuuhenkilöiden, toimesta. HSEQ-päällikkö ja vanhempi HSE-insinööri kuitenkin kokivat, että tehokkaammalla töiden suunnittelulla ja aikatauluttamisella voitaisiin lisätä työn teolle jäävää aikaa tehokkaammin kuin tehostamalla työlupekäytäntöä priorisoimalla kriittisempiä töitä sekä ehkäisemällä työruuhkien muodostumista.

Töiden suunnittelun tukeminen edellyttää tietoisuutta suunniteltavista töiden, korkean riskin töiden ja valvontaresurssien määrästä. Vanhempi HSE-insinööri ja konserni-HSE:n johtaja painottivat, että keskeisintä töiden suunnittelussa on varmistaa, että riskien arviointitarve töiden määrän suhteen ja valvontaresurssit kohtaavat. Ottamalla huomioon valvontaresurssien määrä voitaisiin luoda töiden toteuttamista ohjaava aikataulu, joka varmistaisi myös operaattorien tarvitseman ajan aloituslupien myöntämisessä sekä tarvittavien mittausten tekemisessä. Toisaalta myös valvontaresurssien pätevyys olisi pystyttävä mahdollisuuksien mukaan varmistamaan ennakkoon töiden suunnitteluvaiheessa. Vanhempi HSE-insinööri kuvaili, että tällä hetkellä ei pystytä tarkistamaan esimerkiksi, kuinka monta aloituslupaa yksittäinen operaattori on aikaisemmin myöntänyt tai onko taustalla pidempi tauko työskentelyssä, jotka vaikuttavat operaattorien pätevyyteen aloituslupan myöntäjänä. Valvontaresurssien pätevyyden varmistamisella töiden suunnitteluvaiheessa voidaan ennakoida työntekijöiden riittävää riskitietoisuutta ja riskien tunnistamiskykyä ja toisaalta esimerkiksi tarjota tarvittavaa tukea tällaisissa tilanteissa ei niin kokeneelle työntekijälle.

### **Työympäristön kokonaisriskitason kuvaaminen**

Tekoälyä voitaisiin hyödyntää kuvaamaan työympäristön tilanteen riskitasoa esimerkiksi värien avulla, jolloin vihreä viittaa alhaiseen riskitasoon ja punainen korkeaan riskitasoon. Tällä tekoälyn käyttökohteella voitaisiin vaikuttaa työympäristön kokonaisriskitason ymmärrykseen ja tähän riskitason kuvaamiseen vaikuttaisivat käytännössä useat eri työympäristöön liittyvät tekijät. HSE-päällikön mukaan erityisesti olisi tiedettävä, millaisia korkean riskin töitä työympäristössä on meneillään, joilla on merkittävin vaikutus työympäristön kokonaisriskitasoon. Haastateltavien perusteella tietoa tarvittaisiin tietyllä hetkellä voimassa olevista työluvista, prosessin olosuhteista esimerkiksi vajaakuntoisten laitteiden osalta, operaattorivahvuudesta kunakin hetkenä töiden valvomiseksi ja näiden operaattorien pätevyydestä. Vanhempi HSE-insinööri kuvaili, että ympäristöön liittyvää hälytysdataa voisi olla hyvä tuoda työluvan myöntämisen tueksi esimerkiksi kaasuhaistajista.

Työympäristön kokonaisriskitasoa kuvaamalla voitaisiin tukea työluvan myöntäjän toimenkuvaa ja riskitietoisuuden varmistamista. HSE-päällikkö kuvaili, että käytännössä näkemällä kokonaisriskitaso esimerkiksi sähköisen taulun avulla ei voisi olla mahdollista esimerkiksi myöntää uutta työ lupaa tietylle alueelle, mikäli sen vierellä on jo tietynlainen määrä töitä käynnissä ja riskitaso

on korkea. HSEQ-päällikkö toi esille myös mahdollisuuden tukea työntekijöiden riskitietoisuutta ja kykyä tunnistaa riskejä hyödyntämällä näkymää kokonaisriskitasosta siten, että jos matalan riskin työlle työlupaa myöntäessä havaitaan toinen matalan riskin työ samalla alueella, muodostuu tarkasteltavasta työstä korkean riskin työ töiden lähekkäisyyden vuoksi. Toisaalta HSE-päällikkö ja HSEQ-päällikkö kuvailivat, että työympäristön kokonaisriskitasoon liittyen työluvan myöntämisen yhteydessä olisi hyvä muodostaa suositusehdotus työluvan myöntämistasosta kokonaisriskitason perusteella. Tällöin jos ympäristöön liittyvä riskitaso on korkea, voitaisiin edellyttää käytön valvojan hyväksyntää tai muuta lisävarmistusta riskitilanteen hallinnan vastuun jakamiseksi.

### **Hätätilanteessa työntekijöiden evakuoinnin tukeminen**

Tekoälyllä voitaisiin tukea hätätilanteessa työntekijöiden evakuointia huomioimalla ympäristön olosuhteet ja ohjaamalla niiden perusteella ihmisiä turvallisille ulkokokoontumispaikoille. Tällä tekoälyn käyttökohteella vaikutettaisiin tiedonkulun varmistamiseen työn suorittamisen aikana, sillä hätätilanteissa toiminnan nopeus ja viestinnän tehokkuus ovat kriittisen tärkeitä työntekijöiden turvallisuuden varmistamiseksi. HSE-insinööri kuvaili, että työntekijöitä on helposti levittäytynyt laajalle alueelle työympäristössä, joka vaikeuttaa turvallisen ulkokokoontumispaikan sijainnin tunnistamista kiireessä. Myös HSEQ-päällikkö mainitsi, että esimerkiksi kaasuvuodon yhteydessä pitäisi pystyä indikoimaan ennakoivasti työntekijöille, mitkä ulkokokoontumispaikat eivät jää kaasupilven leviämismallin mukaisesti kaasupilven sisälle ja ovat siten turvallisia kokoontumispaikkoja. Turvalliset ulkokokoontumispaikat voitaisiin hänen mukaansa osoittaa työntekijöille esimerkiksi valojen avulla siten, että vihreä väri indikoi turvallista kokoontumispaikkaa ja punainen kiellettyä kokoontumispaikkaa.

Työntekijöiden evakuoinnin yhteydessä on pystyttävä arvioimaan tilanteeseen liittyviä riskejä huomioimalla ihmisten, hätätilanteen aiheuttavan syyn sekä ulkokokoontumispaikkojen sijaintia luomalla optimaalinen evakuointisuunnitelma tilanteeseen liittyvien riskien vähentämiseksi varmistamalla ihmisten tehokas ja turvallinen poistuminen. Vaatilanteen aiheuttava syy voidaan saada selville vanhemman HSE-insinöörin mukaan esimerkiksi vuotavaan pumppuun liittyvästä turvallisuushavainnosta. Riippuen hätätilanteen aiheuttavasta syystä korostuu kuitenkin myös ympäristöön liittyvän reaaliaikaisen datan saamisen tarve evakuointisuunnitelman tukemiseksi. Vanhemman HSE-insinöörin mukaan esimerkiksi vuodon yhteydessä olisi tunnistettava tuulen suunta ja pääteltävä sen perusteella vuodon leviämismalli. Tällä hetkellä tällaista ympäristöön liittyvää dataa on hajanaisesti saatavilla eikä reaaliaikaista tietoa työntekijöiden sijainnista ole saatavilla.

## **6.2.2 Tekoälyteknologiat tunnistetuissa tekoälyn käyttökohteissa**

Ensimmäisen haastattelukierroksen tulokset tiivistyivät tunnistettujen tekoälyn käyttökohteiden ja niihin soveltuvien teknologioiden perusteella 10 erilaiseen tekoälysovellukseen, jotka tutkija on tunnistanut haastateltavien vastausten perusteella. Nämä tekoälysovellukset esitellään tau-

lukossa 6. Koska koneoppimisen soveltuminen tietynlaiseen käyttökohteeseen muodostaa edellytyksiä luonnollisen kielen käsittelyn ja konenäön hyödyntämiselle, ei sitä mainita erikseen soveltuvissa tekoälyteknologioissa, jos sovellus hyödyntäisi vain strukturoimatonta dataa, kuten kuvaa, tekstiä tai puhetta. Asiantuntijajärjestelmien yhteydessä erotellaan koneoppimisen soveltuvuus käyttökohteeseen, koska asiantuntijajärjestelmä voi olla sääntöihin perustuva ja siten oppimiseen kykenemätön.

**Taulukko 6. Haastatteluissa tunnistetut työturvallisuusriskien arvioinnin tekoälysovellukset**

<b>Tekoälysovellus</b>	<b>Kuvaus sovelluksen toiminnasta</b>	<b>Soveltuva tekoälyteknologia</b>
1: Tapaturmien ja läheltä piti - tilanteiden analysoiminen	Tapaturmien ja läheltä piti -tilanteiden taustalla olevien kaavojen tunnistaminen ja tapausten luokittelu määriteltäisiin kategorioihin. Sovelluksen toiminnallisuutta voitaisiin laajentaa muodostaen karkea todennäköisyys tietynlaisten tapausten esiintymiselle tai tunnistuksen riippuvuussuhteita esim. ennakoivien mitareiden tai työluoppien määrän kanssa.	Luonnollisen kielen käsittely, koneoppiminen
2: Riskien ennakoiminen tietynlaiseen työtehtävään liittyen	Työtehtävään liittyvien riskien tunnistaminen aikaisemmista riskien arviointilomakkeista ja raportoiduista turvallisuuspoikkeamista, jonka perusteella sovellus loisi yksityiskohtaisen lomakkeen tai tarkistuslistan riskien arvioinnin tueksi. Sovelluksen toiminnallisuutta voitaisiin laajentaa huomioimalla vuoropäiväkirjaan tehtyjä havaintoja.	Luonnollisen kielen käsittely, koneoppiminen
3: Riskien mitigointikeinojen ehdottaminen tietynlaiseen työtehtävään liittyen	Työtehtävässä tarvittavien mitigointi- ja suojauskeinojen suositus työntekijöiden tunnistamien riskien perusteella esimerkiksi tarkistuslistan muodossa. Sovellus perustuisi asiantuntijoiden määrittämiin sääntöihin tarvittavista toimenpiteistä tai analysoisi riskeihin liittyviä toimenpiteitä esim. aikaisemmista riskien arviointilomakkeista, raportoiduista turvallisuuspoikkeamista, turvallisuuden pääsäännöistä ja kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteista.	Luonnollisen kielen käsittely, asiantuntijajärjestelmä
4: Työskentelyyn vaikuttavien ympäristön olosuhteiden ennakoiminen	Tietyllä alueella työskentelyyn vaikuttavien ympäristöolosuhteiden muuttumisen ennakoiminen analysoimalla erilaista reaaliaikaista dataa prosessin ohjauksesta, kunnossapidosta ja sääolosuhteista riippuen siitä, millaisten ympäristötekijöihin seurantaan keskityttäisiin. Sovelluksen toiminnallisuutta voitaisiin laajentaa tiedottamalla muutoksista sen perusteella, millaisia raja-arvoja ympäristön olosuhteisiin liittyy turvallisuuden näkökulmasta.	Koneoppiminen, asiantuntijajärjestelmämoduuli
5: Työympäristön seuraaminen ja vaaratilanteiden tunnistaminen kameroilla	Työympäristön seuraaminen ja vaaratilanteiden tunnistaminen kameroiden avulla. Sovellus voisi tarkkailla ihmisten määrää ja sijaintia, yksin työskentelyä, korkean riskin töitä, putkiston ja laitteiston mekaanista eheyttä sekä ajoneuvojen sijaintia ja määrää. Sovellus tiedottaisi tunnistetuista vaaratilanteista muodostettujen sääntöjen perusteella.	Konenäkö, asiantuntijajärjestelmämoduuli
6: Tekstin tai puheen kääntäminen toiselle kielelle aloituslupaa myöntäessä	Riskien arviointiin liittyvän tekstin kääntäminen toiselle kielelle aloituslupaa myönnettäessä. Sovellus kääntäisi riskien arviointilomakkeen, kuten työluopakaavakkeen, tai työntekijän puhetta automaattisesti työn suorittamisesta vastaavan työntekijän kielelle. Räjähdyksenvaaralliseksi merkityillä alueilla hyödynnettäisiin ex-suojattuja laitteita käännösten tekemiseen.	Luonnollisen kielen käsittely
7: Turvallisuus-havaintojen raportointi puheen tunnistusohjelmalla	Työntekijän puheen muuntaminen tekstiksi turvallisuus-havaintoja kuvaillessa ja sen tallentaminen ennalta määriteltyn paikkaan jatkokäsittelyä varten. Räjähdyksenvaaralliseksi merkityillä alueilla hyödynnettäisiin ex-suojattuja laitteita.	Luonnollisen kielen käsittely

8: Töiden yhteensovittelun ja aikataulutuksen optimoiminen	Töiden aikataulutuksen optimointi simops-käytännössä turvallisuuden varmistamiseksi hyödyntäen töiden yhteensovittamisen reunaehdoja kuvaavia sääntöjä siitä, millaisia töitä, kuinka paljon ja milloin voidaan tehdä turvallisesti samaan aikaan tietyllä alueella sekä mahdollisuuksien mukaan priorisoida kriittisempiä töitä. Sovellus hyödyntäisi dataa suunnitelluista töistä, korkean riskin töiden määrästä, käytävissä olevista valvontaresursseista ja niiden pätevyydestä.	Asiantuntija-järjestelmä
9: Työympäristön kokonaisriskitason kuvaaminen	Työympäristön kokonaisriskitason kuvaaminen esim. väriluokituksen avulla analysoimalla datasta riskitason muodostumiseen liittyviä tekijöitä ja niiden välisiä yhteyksiä. Sovellus hyödyntäisi dataa työlupien määräistä alueittain, myöntäjäkohtaisesti, meneillään olevista korkean riskin töistä, valvontaresursseista sekä prosessiin liittyvistä olosuhteista, kuten hälytyksistä ja poikkeamista. Kuvailtu kokonaisriskitaso vaikuttaisi uuden työluvan myöntämiseen siten, että jos työluvan myöntäminen nostaisi kokonaisriskitasoa tietyn rajan yli, edellytetään korkeampaa hyväksynnän tasoa tai muuta lisävarmistusta.	Asiantuntija-järjestelmä
10: Häätätilanteessa jalostamoalueen tehokkaan tyhjentämisen tukeminen	Häätätilanteessa jalostamoalueen evakuoinnin tukeminen tunnistamalla turvalliset ulkokokoontumispaikat toimintaa kuvaavien sääntöjen perusteella. Sovellus hyödyntäisi reaaliaikaista dataa työntekijöiden, häätätilanteen aiheuttavan tekijän ja ulkokokoontumispaikkojen sijainnista. Esim. kaasuvuodon yhteydessä sovellus tarvitsisi tietoa vuotohavainnosta, tuulen suunnasta prosessinohjausjärjestelmästä sekä kaasun leviämismallista turvallisten kokoontumispaikkojen määrittämiseksi ja osoittamiseksi työntekijöille.	Asiantuntija-järjestelmä

Tunnistettujen tekoälysovellusten perusteella työturvallisuusriskien arvioinnin tehtävissä esiintyi mahdollisuuksia niin koneoppimisen, luonnollisen kielen käsittelyn, konenäön kuin asiantuntijajärjestelmien hyödyntämiselle. Asiantuntijajärjestelmien soveltuvuus käyttökohteissa kuitenkin korostui, koska joissain sovelluksissa asiantuntijajärjestelmän rooli olisi jäsenellä toisen tekoälyteknologian tuottamia tuloksia käyttäjän tulkittavaksi tai koneoppimiselle soveltuvia dataresursseja ei ole riittävästi. Erityisesti sovellukset 8 ja 9 voisivat hyödyntää koneoppimista, mutta näiden sovelluksien suorittamia tehtäviä ei ole tehty aikaisemmin tietojärjestelmillä ja niiden suorittaminen perustuu vahvasti työntekijöiden asiantuntemukseen, jolloin algoritmeille ei ole muodostettavissa opetus esimerkkejä töiden yhteensovittelua kuvaavista tilanteista. Toisaalta esimerkiksi sovelluksen 10 osalta koneoppimisen hyödyntäminen ei olisi edes järkevää, koska evakuoinnin suunnitelmallisuus perustuu vahvasti asiantuntemukseen eikä jalostamoympäristössä alueen tyhjentämisiä toteuta usein.

Haastatteluiden perusteella robotiikalle ei löydetty soveltuvia käyttökohteita. Tarpeesta hyödyntää robottia ihmistyöntekijän sijaan kysyttiin lopulta ainoastaan toisessa haastattelussa riskien arvioinnin laatuun liittyvään kehityskohteeseen vaikuttamiseksi. Teknisten päälliköiden esimiehen vastauksen perusteella jalostamoympäristössä riskien arvioinnissa on tärkeää säilyttää ihmisen rooli päätöksenteossa ja jalostamoympäristössä toiminen edellyttäisi laajaa osaamista robotilta ja sen toiminnan valvontaa verrattuna yksittäiseen automatisoitavaan tehtävään tuotantolinjalla. Tällöin robotilla ei voisi olla kovin merkittävää autonomisuuden tasoa työympäristössä eikä toisaalta riskien arviointiin liity yksittäisiä automatisoitavia fyysisiä työtehtäviä. Muiden työturvallisuuden

lisuuden kehityskohteiden luonteen kannalta tutkija ei kokenut erikseen tarpeelliseksi kysyä robotiikan soveltumisesta samalla, kun tietoisuus jalostamoympäristön piirteistä lisääntyi.

Myöskään luonnollisen kielen käsittelyn osalta puhesynteesille soveltuvia käyttökohteita ei löydetty haastatteluiden perusteella. Puheen ohjauksen tarpeesta työmailla työskennellessä kysyttiin toisessa ja kolmannessa haastattelussa, jolloin herätti se eriäviä mielipiteitä. Teknisten päälliköiden esimies kuvaili puheohjauksen hyödyllisyydestä riippumatta sen käytännön toteutuksen olevan haasteellinen työympäristössä käytettävien kuulosuojaimien vuoksi, jolloin puheen pitäisi kulkeutua kuulokkeisiin. Tästä huolimatta suurempi haaste hänen mukaansa olisi työntekijöiden asenne, sillä puheohjauksen käyttöönottoa saatettaisiin pitää työntekijöiden näkökulmasta heidän ammattitaidon vähättelynä. Kolmannessa haastattelussa ei juurikaan koettu tarpeellisenä puheeseen perustuvaa ohjausta työympäristössä vaan haastateltavat osoittivat enemmän kiinnostusta yleisesti digitaalisuuden lisäämiseen työympäristössä.

### 6.3 Tekoälysovellusten hyödyllisyyden kartoitus eri käyttäjäryhmien näkökulmasta

Toisella haastattelukierroksella arvioitiin ensimmäisellä haastattelukierroksella tunnistettujen tekoälysovellusten hyödyllisyyttä turvallisuusjohtamisen eri käyttäjäryhmien näkökulmasta. Tässä kappaleessa tarkastellaan yleiskuvaa haastateltavien kokemasta sovellusten hyödyllisyydestä ja sovelluskohtaisia tunnistettuja käyttäjähyötyjä. Lopulta esitellään haastateltavien tunnistamia tekoälysovellusten hyödyllisyyteen vaikuttaneita tekijöitä.

Taulukossa 7 esitellään, miten eri käyttäjäryhmät arvioivat yksittäisten tekoälysovellusten hyödyllisyyttä haastateltavien arvioista lasketun keskiarvon ja -hajonnan perusteella. Käyttäjäryhmän arvio sovelluksen hyödyllisyydestä on kyseistä käyttäjäryhmää edustavien haastateltavien arvioista otettu keskiarvo.

**Taulukko 7.** Tekoälysovellusten koettu hyödyllisyys eri käyttäjäryhmien näkökulmasta

Sovellus	Konserni-HSE	Tuotannon linja-organisaatio	Paikallis-HSE	Projekti-HSE	Keskiarvo (n=8)	Keskihajonta (n=8)
1	4.0	3.0	4.0	5.0	3.9	0.8
2	3.0	3.5	4.7	5.0	4.0	0.9
3	3.0	4.5	5.0	3.0	4.1	1.0
4	2.0	2.5	3.0	3.0	2.6	0.5
5	4.0	4.0	4.0	5.0	4.1	0.6
6	3.5	3.5	3.0	1.0	3.0	0.9
7	3.5	3.0	2.7	2.0	2.9	0.8
8	3.5	3.0	4.3	5.0	3.9	1.0
9	5.0	4.0	5.0	3.0	4.5	0.8
10	4.5	3.5	5.0	5.0	4.5	0.8

Tulosten perusteella tekoälyn hyödyntäminen riskien arvioinnissa työturvallisuuden kehittämiseksi nähtiin pääasiallisesti hyödylliseksi eri käyttäjäryhmien näkökulmasta. Keskiarvon 4 tai yli saivat jopa puolet sovelluksista ja alhaisimmillaan yksittäisen sovelluksen hyödyllisyys koettiin

keskiarvolla 2.6. Kaikista hyödyllisimmiksi koettiin sovellukset 9 ja 10 keskiarvoilla 4.5 ja vähiten hyödyllisiksi sovellukset 4 ja 7, joita ei arvioitu keskiarvoa 2.9 korkeammalle.

Mikäli tarkastellaan yksittäisten sovellusten arvioiden keskihajontaa, oli hajonta korkeimmillaan sovellusten 3 ja 8 kohdalla, jolloin arviot vaihtelivat hyödyllisen (3) ja erittäin hyödyllisen (5) välillä. Kaikista yksimielisimpiä haastateltavat olivat puolestaan sovellusten 4 ja 5 arvioinneissa. Käyttäjärühmien välillä oli eroavaisuutta siitä, kuinka monta sovellusta arvioitiin erittäin hyödyllisen (5) tasolle käyttäjärühmien sisällä. Esimerkiksi paikallisen HSE:n arvioissa jopa neljä sovellusta ylsi erittäin hyödyllisen tasolle ja konserni-HSE:n arvioissa vain yksi sovellus. Vastaavasti muihin käyttäjärühmiin verrattuna ainoastaan projekti-HSE:n arvioissa yhteen sovellukseen ei liitetty lainkaan hyötyjä.

### 6.3.1 Tekoälysovellusten tunnistetut hyödyt

Kun tarkastellaan eri käyttäjärühmien vastauksia tekoälysovelluksiin liitetystä hyödyistä, voidaan tunnistaa keskeisimpiä tekoälysovellusten hyötyjä niiden toistuvuuden perusteella eri sovellusten arvioinneissa. Näitä tunnistettuja hyötyjä kuvataan sovelluskohtaisesti taulukossa 8.

**Taulukko 8.** Tekoälysovellusten keskeisimmät hyödyt käyttäjärühmien näkökulmasta

Tekoälysovelluksen hyöty	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kokemuksista oppimisen tehostaminen	x	x								
Työtilanteen turvallisuuden-hallinta kokonaisuutena								x	x	x
Inhimillisen virheen ehkäiseminen		x	x					x	x	x
Reagointinopeuden ja reaaliaikaisuuden lisääminen	x				x					x
Turvallisuuskulttuurin ja pitkäaikaisten trendien kuvaaminen	x				x					
Riskien arvioinnin systematiikan ja laadun kehittäminen		x	x	x				x		
Työtehtävään ja -kohteeseen liittyvän riskitietoisuuden varmistaminen		x		x		x		x	x	
Työn nopeuttaminen tai tehostaminen	x		x		x		x			x

Taulukossa kuvailtujen keskeisimpien hyötyjen perusteella voidaan luoda laajempaa näkemystä tekoälyn käyttöönottoon liittyvistä hyödyistä työturvallisuuden riskien arvioinnissa. Eniten tekoälysovellusten hyödyissä korostuivat inhimillisen virheen ehkäiseminen, työtehtävään ja -kohteeseen liittyvän riskitietoisuuden varmistaminen sekä työn nopeuttaminen tai tehostaminen, jotka esiintyivät puolessa tunnistettujen tekoälysovellusten hyödyllisyyden arvioinneissa. HSEQ-pääliikkö kuvaili, että jokaiseen kuvailtuun tekoälysovellukseen voidaan liittää ajansäästöön liittyvä hyöty, mutta työn nopeuttaminen tai tehostaminen tunnistettiin yksittäisen tekoälysovelluksen hyödyksi vain silloin, kun se erikseen mainittiin haastateltavien toimesta.

Monissa käyttäjäryhmissä tunnistettiin myös joidenkin kuvailtujen tekoälysovelluksien hyötyjen olevan yhteyksissä toisiinsa, sillä sovellukset hyödyntävät paljon samoja dataresursseja. Paikallinen HSE ja teknisten päälliköiden esimies tunnistivat sovelluksen 1 hyötyjen luovan edellytyksiä sovelluksen 2 hyödyille, koska sovelluksen 2 toiminta edellyttää tapaturmien ja läheltä piti -tilanteiden tarkempaa analysointia. Lisäksi konserni-HSSEQ:n johtaja viittasi sovelluksen 5 edustavan työturvallisuuden pitkän tähtäimen kehittämistä ja muodostavan perustaa tekoälyn laajemmalle hyödyntämiselle luomalla edellytyksiä erityisesti sovelluksien 2, 8 ja 10 käyttöönotolle saamalla reaaliaikaista ja jatkuvaa tietoa työympäristön toiminnasta.

### **Hyödyt sovelluksesta 1: Tapaturmien ja läheltä piti -tilanteiden analysoiminen**

Ensimmäisen sovelluksen keskeisin hyöty oli mahdollisuus pitkäaikaisten trendien selvittämiseen vaaratilanteiden taustalla kehittäen ymmärrystä siitä, millaisiin tapahtumiin ja olosuhteisiin vaaratilanteet tyypillisesti liittyvät. Teknisten päälliköiden esimies kuvaili asiaa seuraavasti: *”läheltä piti -tilanteissa me löydetään jotain sellaisia piileviä vikoja meidän turvallisuusjohtamisjärjestelmässä, tavallaan aukkoja”*. Lisäksi sovelluksella voitaisiin vähentää manuaalista työtä tapahtumien analysoinnissa, joka tuotiin esille kaikissa käyttäjäryhmissä.

Konserni-HSE koki hyödylliseksi olemassa olevan datan hyödyntämisen uusien oivalluksien löytämiseksi ja kokemuksista oppimisen tehostamiseksi aikaisemmin sattuneen perusteella, mihin ei ole ollut vastaavaa mahdollisuutta ennen. Hänen mukaansa *”yksittäinen juurisyyanalyysi ei kerro sitä, että mikä tässä systeemissä ehkäisee niitä kaikkia (vaaratilanteita)”* viitaten siihen, että yksittäisiin tapauksiin keskittymisen sijasta johtopäätöksiä vaaratilanteiden ehkäisystä kannattaa perustaa suureen datamäärään aikaisemmista vastaavista tilanteista. Projekti-HSE:n edustaja kuvaili nykyisen raportoinnin olevan enemmän reaktiivista, jolloin sovelluksella voitaisiin kehittää ennakoivia mittareita työturvallisuuden kuvaamiseksi.

Tuotannon linjaorganisaatio toi esille sovelluksen hyötyinä vaaratilanteiden ehkäisemiseen liittyvien toimenpiteiden suunnittelun ja toteutuksen tehokkaamman priorisoinnin sekä turvallisuuden nykytilanteen ymmärryksen kehittämisen esimerkiksi kartoittamalla ennakoivien toimenpiteiden todellisia vaikutuksia turvallisuuteen poikkeamien tarkastelun kautta. Teknisten päälliköiden esimies huomautti, että tekemisen paljouden vuoksi henkilöstön on käytettävää aikaa harkiten. Sovellus voisi mahdollistaa turvallisuuspuutteisiin reagoimisen priorisoinnin tarkastellen, millaiset tekijät toistuvat useasti vaaratilanteiden taustalla.

Paikallinen HSE koki hyödylliseksi turvallisuuskulttuurin tason kuvailun pitkäaikaisen datan avulla ja erilaisten vahvisteiden saamiseen näkemyksille ja tuntumalle turvallisuuden nykytilanteesta. HSEQ-päällikkö kuvaili, että sovelluksella voitaisiin saada laajempaa näkymää siihen, millaisia asioita havaitaan, kuullaan ja huomioidaan tällä hetkellä työympäristössä. Hänen mukaansa raportoinnin läpinäkyvyyden lisäämisen kautta voisi olla myös mahdollista motivoida työntekijöitä raportoimaan enemmän. Vanhempi HSE-insinööri ilmaisi kiinnostusta myös turvallisuusviestinnän tarkentamiseen linjaorganisaatiolle, jos pystyttäisiin erottelemaan merkittävimpiä puutteita toiminnassa.

Ainoastaan Operational Excellence-johtaja arvioi sovelluksen vain vähän hyödylliseksi (2), joka selittää tuotannon linjaorganisaation käyttäjäryhmän alempaa keskiarvoa. Hän perusteli arviotaan kokemukseen edellisvuonna toteutetusta kapea-alaisesta ja kertaluonteisesta kokeilusta vastaavan tyyppisestä sovelluksesta, jossa saavutettiin ristiriitaisia tuloksia. Erityisesti haasteeksi koettiin tällöin datan eheys, sillä raportointitavoissa on ollut paljon vaihtelevuutta aikoinaan. Muita käyttäjäryhmien mainitsemia hyödyllisyyttä vähentäviä tekijöitä tämän sovelluksen kohdalla olivat datan eheyden lisäksi vastaavien analyysien toteuttamisen mahdollisuus ilman tekoälyä, hyödynnettävän datan laatu ja saavutettavien tulosten luotettavuus.

### **Hyödyt sovelluksesta 2: Riskien ennakoiminen tietynlaiseen työtehtävään liittyen**

Toisen sovelluksen keskeisin hyöty oli riskien arvioinnin laadun parantaminen. Projekti-HSE:n edustaja kuvaili nykytilannetta siten, että erityisesti turvallisten työtapojen suunnittelussa riskien arvioinnin laatu vaihtelee riskien arvioinnin tekijöiden mukaan. Sovelluksella voitaisiinkin ohjata työsuunnittelua oikeisiin asioihin keskittymiseksi, kun työntekijöillä olisi laajemmin tietoa käytettävissä ja vaikuttaa sitä kautta riskien arvioinnin laatuun. Tuotannon linjaorganisaation näkökulmasta sovelluksella voitaisiin varmistaa tietynlainen vähimmäistaso riskien tunnistamisen osalta sekä lisätä ymmärrystä arvioitavasta työstä ja sen riskitasosta. Operational Excellence-johtaja painotti hyödyllisyyden arvioinnissa myös jatkuvan kehittämisen näkökulmaa siten, että sovellus mahdollistaisi riskien arvioinnin onnistumisen arvioinnin ja toiminnan mukauttamisen luomalla näkemystä tehtyjen riskien arviointien ja tapahtuneiden turvallisuuspoikkeamien välille.

Konserni-HSE ja paikallinen HSE kokivat sovelluksen hyötyjen olevan riskien arvioinnin ohjaamisessa vähentäen muistin varaista työskentelyä sekä tehostaen aikaisemman kokemuksen hyödyntämistä. Tähäen perustuen vanhempi HSE-insinööri painotti riskien arviointilomakkeiden muokkaamisen mahdollisuutta aikaisemman kokemuksen perusteella ja mainitsi sovelluksen tukevan erityisesti lyhytaikaisia työntekijöitä, joille ei ehdi muodostumaan riittävää riskitietoisuutta. HSEQ-päällikkö oli kuitenkin kiinnostunut Operational Excellence-johtajan mukaisesti riskien arvioinnin onnistumisen arvioinnista kuvaillen asiaa seuraavasti: *“meidän pitäisi pystyä myöskin analysoimaan sitä, että mitkä riskit meillä ovat toteutuneet ja onko siellä tunnistettu ne oikeat riskit vai ei”*.

Tuloksien perusteella konserni-HSE arvosteli sovelluksen heikommin muihin käyttäjäryhmiin verrattuna. Konserni-HSE esitti huolen aiheita sovelluksen edellyttämän datan laajuudesta ja nykyisen poikkeamaraportoinnin kattavuudesta sovelluksen toiminnalle, mikä vähensi koettuja lyhyellä tähtäimellä saatavia hyötyjä konserni-HSSEQ:n johtajan näkökulmasta. Operational Excellence-johtaja myönsi myös sovelluksen toteutuksen haasteellisuuden nykyisen datan ja sen infrastruktuurin perusteella, jolla hän viittaa yhtenäisen tietokannan puutteeseen ja riskien arvioinnin manualisuuteen. Haastateltavat olivat yhtä mieltä siitä, että sovellus ehdottomasti vain tukisi riskien tunnistamista eikä tekoälyyn saisi luottaa liikaa tulosten kattavuuden osalta, jotta työntekijöiden rooli säilyisi vahvana riskien tunnistamisessa.

### **Hyödyt sovelluksesta 3: Riskien mitigointikeinojen ehdottaminen tietynlaiseen työtehtävään liittyen**



Kolmannesta sovelluksesta koetut keskeisimmät hyödyt liittyivät työntekijöiden muistamisen tarpeen vähentämiseen ja riskien arvioinnin laadun parantamiseen. Tuotannon linjaorganisaatiossa ja projekti-HSE:ssä mainittiin hyötyjä riskien arvioinnin kehittamisestä sekä inhimillisen unohduksen mahdollisuuden vähentämisestä, jolla voidaan varmistaa riskien arvioinnin laatua. Operational Excellence-johtaja koki sovelluksen tärkeänä hyötynä mahdollisuuden riskien arvioinnin kehittämiseen yhdessä sovelluksen 2 kanssa arvioimalla riskien arvioinnin onnistumista sen suhteen, ovatko määritellyt toimenpiteet riittäviä ja tehokkaita.

Operational Excellence-johtajan mukaan sovelluksella voitaisiin tarjota työntekijöille suoraan implementoitavia riskien hallintakeinoja tietynlaiseen työtehtävään, jotta organisaatio voisi tukea paremmin riskien arviointia. Myös paikallisen HSE:n edustaja HSEQ-päällikkö kuvaili tilannetta seuraavasti: *“miten me pystyttäisiin auttamaan niitä (työntekijöitä) eikä tarjoamaan vaan ongelmia vaan tarjoamaan myös jotain ratkaisua”*. Paikallinen HSE toi esille riskien arvioinnin tukemisen lisäksi mahdollisuuden vaikuttaa riskien arvioinnin laatuun vähentämällä työntekijöiden muistamisen tarvetta linjassa konserni-HSE:n kanssa sekä riskien arviointiin liittyvän asiantuntemuksen esille saamisen riskien arviointia tekevien henkilöiden osaamisesta riippumatta.

Heikoimmin sovelluksen hyödyllisyyden arvioi konserni-HSE ja projekti-HSE. Kummassakin käyttäjäryhmässä havaittiin, että sovelluksen toiminta ei tue kovin paljon toiminnan kehittämistä. Konserni-HSE:n johtaja kuvaili, että sovellus toimisi enemmänkin työntekijöiden muistia tukevana työkaluna, jonka myös projekti-HSE:n edustaja tunnisti pohtien, että suojauskeinojen määrittäminen perustuu vahvasti ohjeisiin eikä niissä ole juurikaan kehitettävää tai sovellettavaa ympäristön olosuhteisiin perustuen. Erityisen haasteelliseksi konserni-HSE:n johtaja koki sen, että tällä hetkellä riskien arviointeja ei ole tehty tarpeeksi yksityiskohtaisesti, jotta sovellus kykenisi riittävällä tasolla tuomaan esille toimenpiteitä työtehtäväkohtaisiin riskeihin liittyen.

#### **Hyödyt sovelluksesta 4: Työskentelyyn vaikuttavien ympäristön olosuhteiden ennakoiminen**

Neljännän sovelluksen keskeisin hyöty oli ympäristön olosuhteisiin liittyvän riskitietoisuuden kehittäminen. Konserni-HSEQ:n johtaja kuvaili, että sovelluksella olisi erityisesti mahdollista tunnistaa hitaasti kehittyviä ympäristön olosuhteita, joita ihminen ei välttämättä huomaa. Tuotannon linjaorganisaatio ja paikallinen HSE korostivat erityisesti prosessiolosuhteiden seuraamisen hyötyjä työluvan myöntämisessä päätöksenteon tukena. Operational Excellence-johtaja toi esille, että sovelluksen avulla voitaisiin huomioida esimerkiksi etukäteen, mikäli esimerkiksi hitsausta ollaan suunnittelemassa tehtäväksi vajaakuntoisten laitteiden viereen.

Tuotannon linjaorganisaatio ja paikallinen HSE toivat esille sovelluksen hyötyjä systematiikan lisäämisestä riskien arviointiin. Tämä systematiikka näkyisi käytännössä HSEQ-päällikön mukaan huomioimalla ympäristön olosuhteita riskien arvioinnissa yhtenäisellä tavalla, jos tällä hetkellä jotkut työntekijät eivät niitä riittävällä tasolla huomioi. Systematiikan lisääminen varmistaisi myös riskien arvioinnin laatua tuotannon linjaorganisaatiota edustavan teknisten päälliköiden esimiehen maininnan mukaisesti.

Haastateltavat tunnistivat useita sovelluksen käyttöönottoon liittyviä haasteita. Mainittuja haasteita olivat ympäristön rajaamisen vaikeus sen suhteen, mitä kaikkia ympäristöolosuhteita voidaan ja kannattaa ottaa huomioon, ympäristön nopea muuttuminen sekä ympäristöolosuhteiden riittävä huomiointi nykyisissä riskien arvioinnin käytännöissä. Osa haastateltavista toi esille myös ympäristön olosuhteisiin liittyvän datan hyödyntämisen haasteellisuuden. Operational Excellence-johtaja sanoi nykyisen datan olevan hankalasti käytettävissä olevassa muodossa, kun puolestaan konserni-HSE:n johtaja koki haasteelliseksi datan tulkinnan päätöksenteon yhteydessä. Hän kuvaili, että on hankalaa määrittää, milloin ympäristön muutoksiin pitäisi reagoida ja kenelle niistä pitäisi viestiä tehokkaasti. Myös projekti-HSE:n edustaja huomautti, että tärkeää olisi pystyä varmistamaan muutoksiin liittyvän tiedon siirtyminen työmailla oleville työntekijöille.

### **Hyödyt sovelluksesta 5: Työympäristön seuraaminen ja vaaratilanteiden tunnistaminen kameroilla**

Viidennen sovelluksen keskeisin hyöty oli havainnoida työympäristöstä asioita, joita ihminen ei pysty tai ehdi tunnistamaan. Konserni-HSE:n johtaja kuvaili, että ei ole realistista ajatella, että ihminen pystyisi huomioimaan kaikkea työympäristössä ja myös projekti-HSE:n näkökulmasta sovelluksella voitaisiin lisätä reagointinopeutta tehostamalla havainnointia. Konserni-HSEQ:n johtaja oli kiinnostunut sovelluksen hyödyntämisestä erityisesti turvallisuuskulttuurin kuvaamisessa saamalla tarkempaa tietoa todellisesta turvallisuuskäyttäytymisestä seuraamalla käyttäytymistä sovellukselle annettujen sääntöjen perusteella siitä, mikä on hyväksyttävää toimintaa.

Tuotannon linjaorganisaation ja paikallisen HSE:n näkökulmasta sovelluksella voitaisiin tukea myös muiden riskien arviointiin liittyvien tehtävien suorittamista päivittäin. Operational Excellence-johtaja mainitsi, että hänen aikaisemman kameravalvontaan liittyvän kokemuksen perusteella on ollut erittäin hyödyllistä saada mahdollisuus havainnoida etänä, millaisia asioita ihmiset kohtaavat jokapäiväisessä työskentelyssä ja sitä kautta tukea heitä paremmin. HSEQ-päällikkö kuvaili, että operaattoreita voidaan tukea mahdollisten vuotojen havainnoinnissa alueilla, joilla ihminen ei kykene siihen tehokkaasti. Tällöin työturvallisuutta voitaisiin varmistaa työympäristön turvallisuuden kautta kehittämällä prosessiturvallisuutta. Toisaalta sovelluksen vaikutus näkyisi myös HSE-toiminnon työtehtävissä vanhemman HSE-insinöörin mukaan nopeuttamalla analysointia erilaisista turvallisuuspoikkeamista, kun videoita ei tarvitse käydä manuaalisesti jälkikäteen läpi. Sovellus mahdollistaisi nykyisen kamerajärjestelmän tehokkaan hyödyntämisen, minkä perusteella HSEQ-päällikkö kutsuikin tätä sovellusta *“quick win”*-termillä, kun hän vertasi sovelluksen hyötyjä tarvittavaan investoinnin määrään.

Koetusta hyödyllisyydestä huolimatta sovelluksen käyttöönotto herätti myös huolenaiheita eri käyttäjäryhmissä. Teknisten päälliköiden esimiehen mukaan sovellus ei voi korvata nykyisiä havainnointikäytäntöjä. Lisäksi sovelluksen vaikutus turvallisuuteen käytännössä riippuisi paikallisen HSE:n mukaan siitä, kuka kameroiden avulla kerättyä dataa lopulta hyödyntäisi. Vaarana voisi olla, että sovelluksen käyttöönotto vaikuttaisi haitallisesti työntekijöiden moti-

vaatioon ja kykyyn tehdä havainnointia, jolloin sovelluksen käyttöönoton viestinnässä olisi tärkeää määritellä tarkkaan, mikä on edelleen ihmisen vastuulla.

#### **Hyödyt sovelluksesta 6: Tekstin tai puheen kääntäminen toiselle kielelle aloituslupaa myöntäessä**

Kuudennen sovelluksen keskeisin hyöty oli käyttäjäryhmästä riippumatta kommunikaation tukeminen eri tahojen välillä aloituslupan myöntämisen yhteydessä, joka auttaisi varmistamaan, että työntekijöillä on riittävä tietoisuus ja ymmärrys työtehtävään sekä työkohteeseen liittyvistä riskeistä kielieroavaisuuksista huolimatta. Operational Excellence-johtaja kuvaili, että jalostamoympäristössä työntekijöitä voi olla hyvin eri maista ja työhön liittyvien riskien ja niiden hallintakeinojen tietoisuus saattaa edellyttää niiden kuvailua työntekijän omalla äidinkielellä. Teknisten päälliköiden esimies koki hyötyjä konekäännöksestä myös siitä, että konekirjoitus on helpommin luettavaa kuin käsinkirjoitus ja työluptomakkeeseen tehtävät lisäykset pystyttäisiin kääntämään tarpeen tullen sovelluksen avulla.

Haastateltavat olivat yhtämielisiä, että tämä sovellus ei kuitenkaan tarjoa yksiselitteistä ratkaisua työympäristön kielihaasteeseen ja sen käytännön toimivuus herätti paljon epäilyjä. Muutama haastateltavista koki konekäännösten laadun keskeiseksi haasteeksi kuvaten kokemuksia Google Translator -palvelun hyödyntämisestä ja esille nousi myös toimialaan liittyvän sanaston tuntemisen tärkeys. Projekti-HSE:n edustajan mukaan edes ammattitaitoisen tulkin hyödyntäminen ei varmista vielä käännöksen laatua kontekstiin liittyvän kokemuksen puuttuessa. Hän ei kokenut lainkaan hyötyjä tätä sovelluksesta, koska suuret virheet käännöksissä voisivat olla jopa hengenvaarallisia työluvan myöntämisen kaltaisessa turvallisuuskriittisessä tilanteessa. Myös HSE-päällikkö ja vanhempi HSE-insinööri mainitsivat sovelluksen vaikutuksen turvallisuuteen olevan vähäinen, sillä tilastojen perusteella ei voida juurikaan sanoa kielihaasteen olevan merkittävä poikkeamien syy ja siihen pitäisi pystyä vaikuttamaan nykyisten käytäntöjen tehostamisen kautta.

#### **Hyödyt sovelluksesta 7: Turvallisuushavaintojen raportointinen puheen tunnistusohjelmalla**

Seitsemännen sovelluksen keskeisimmät hyödyt olivat raportoinnin nopeuden myötä ajan säästäminen ja raportointiaktiivisuuden lisääminen. HSE-päällikkö kuvaili, että sovelluksella voitaisiin madaltaa raportoinnin kynnystä sekä lisätä havaintojen määrää erityisesti tilanteissa, joissa ei muuten ehtisi tai jaksaisi tehdä tietokoneella raporttia. Projekti-HSE:n edustaja puolestaan koki sovelluksen hyödyllisyyden kohdistuvan enemmän positiivisten turvallisuushavaintojen raportointiin, koska ne eivät edellytä samanlaista käsittelyä ja reagointia kuin puutteiden tunnistaminen. HSEQ-päällikkö sanoi, että puheeseen perustuva raportointi toimisi myös tutkintojen yhteydessä, kun kuvaillaan tapahtumien olosuhteita laajemmin.

Sovelluksen koettua hyödyllisyyttä laskivat monet tekijät. Konserni-HSE:n johtaja koki sovelluksen käytännön vaikutuksen turvallisuuteen olevan vähäinen. Myös vanhempi HSE-insinööri kuvaili, että vaikka raportoinnista joudutaan työntekijöille säännöllisesti huomauttamaan niin raporttien kirjoittamista tukevan mobiilisovelluksen avulla voitaisiin saavuttaa jo vastaavia hyötyjä

kuin tästä sovelluksesta. Projekti-HSE:n edustaja mainitsi myös, että sovellus ei tuo juurikaan lisäarvoa nykyiseen käytäntöön verrattuna, sillä sovellus ei tue turvallisuushavainnoista keskustelua työkohteessa turvallisuuspuutteeseen vaikuttavien toimenpiteiden miettimiseksi.

Tuotannon linjaorganisaatio ja konserni-HSE kokivat, että puheeseen perustuva raportointi vähentäisi raporttien sisällön struktuuria. Teknisten päälliköiden esimies kuvaili tilannetta raporttien lukijan näkökulmasta toteamalla, että raporttien sisältö olisi todennäköisesti sekalainen eikä kokonaisuudesta muodostuisi jäsennelty ja looginen. Operational Excellence-johtaja tunnisti, että sovelluksen hyödyntämisen datan luotettavuutta ja tehokasta analysointia voitaisiin lisätä muuttamalla sovelluksen toiminnallisuutta siten, että havainnointikierroksella tietystä työtehtävästä sovellus ohjaisi havainnointia esittämällä työntekijälle havainnoitaviin asioihin liittyviä kysymyksiä, joihin riittäisi kyllä/ei -tason vastaukset ja vastausten perusteella työntekijä voisi hallita kierroksen etenemistä.

### **Hyödyt sovelluksesta 8: Töiden yhteensovittelun ja aikatauluttamisen optimoiminen turvallisuuden varmistamiseksi**

Kahdeksannen sovelluksen keskeisin hyöty oli työtilanteen turvallisuuden hallinnan tukeminen kokonaisuutena. Tuotannon linjaorganisaation näkökulmasta tämä näkyy käytännössä töiden määrän ylitysten ja työskentelytilojen päällekkäisyyden ehkäisemisenä sekä samanaikaisten töiden suorittamisen tehokkaampana suunnitteluna. Paikallinen HSE korosti hyötyjä simops-käytännön roolin kasvattamisesta turvallisuuden hallinnassa organisaation tukea lisäämällä sekä sen käytännön toteutukseen liittyvien tapojen yhtenäistämisestä, kun määritellään toimintaa ohjaavia sääntöjä. Tällä hetkellä samanaikaisten töiden suorittamisen suunnittelu on työntekijöiden arvioinnin varassa. Projekti-HSE:n edustaja totesi automaation lisäämisen töiden suunnittelussa vähentävän työntekijöiden tekemien virheiden mahdollisuutta.

Heikoimmin sovelluksen koetun hyödyllisyyden arvioi teknisten päälliköiden esimies, joka selittää tuotannon linjaorganisaation käyttäjäryhmän heikompa keskiarvoa. Hänen mukaan tällä hetkellä töiden suunnittelua pystytään toteuttamaan luotettavammin ihmisten toimesta eikä sovelluksen voida antaa priorisoida töitä. Myös projekti-HSE:n edustaja toi esille haasteen riittävän viestinnän tukemisesta työsuunnitelmista niin toimistolla kuin työkohteissa ja Operational Excellence-johtaja epäili sovelluksen kykyä huomioida valvontaresurssien määrää, sillä esimerkiksi kunnossapidon töiden edellyttämät valvontaresurssit määritellään jo aikaisemmin kunnossapidon aikataulussa.

Osa haastateltavista mainitsi, että tällä hetkellä sovelluksen edellyttämiä sääntöjä töiden yhteensovittamiseksi ei ole määriteltynä, mikä vähentää sovelluksesta saatavia lyhyen tähtäimen hyötyjä. Operational Excellence-johtaja kuvaili, että tekoälylle olisi vaikea opettaa työtilanteen hallintaa kuvaavia tilanteita, kun tällä hetkellä ei tiedetä *”kuinka paljon töitä on oikeasti liikaa”*. Toisaalta konserni-HSSEQ:n johtaja kuvaili, että sovelluksen tarvitsemia tietoja on jo osittain saatavilla ja sähköisen työlupajärjestelmän käyttöönoton myötä tietynlaisia samanaikaisen työskentelyn turvallisuusrajotusten määritelmiä on valmiina.

### **Hyödyt sovelluksesta 9: Työympäristön kokonaisriskitason kuvaaminen**

Yhdeksännen sovelluksen keskeisimmät hyödyt olivat työtilanteen turvallisuuden hallinta kokonaisuutena, tilannetietoisuuden kehittäminen ja inhimillisen virheen mahdollisuuden vähentäminen. Paikallinen HSE ja konserni-HSE painottivat, että työympäristön kokonaistilanne jää helposti yksittäisen työntekijän varaan, ja kiireessä tämän kokonaistilanteen hahmottaminen ja ymmärtäminen voi olla vaikeaa. Tällöin sovelluksella voitaisiin tukea työympäristön tilanteen läpinäkyvyyttä niin yksilö- kuin organisaatiotasolla. Konserni-HSE:n johtaja kuvaili sovelluksen vaikutuksia siten, että *“me ei ajelehdita vahingossa sellaiseen tilanteeseen, missä me otetaan niin kuin liian isoa riskiä”* viitaten organisaation vastuuseen kokonaisuuden hallinnasta.

Tuotannon linjaorganisaatio toi esille sovelluksen hyötyjä resurssisuunnittelun kehittämiseksi sekä todellisten riskitasoa nostavien tekijöiden tunnistamisesta työluvan myöntämisen yhteydessä riskitietoisuuden kehittämiseksi. Teknisten päälliköiden esimies mainitsi, että sovelluksen avulla voitaisiin muodostaa ennakoiva turvallisuuden mittari siitä, että tietyn riskitason ylittyessä säännöllisesti on tehtävä toimenpiteitä resurssien määrän tasapainottamisesta vastaamaan tehtäviä töitä.

Haastateltavat eivät tuoneet juurikaan esille käyttöönottoon liittyviä haasteita, johon voi vaikuttaa se, että tuleva sähköinen työluvapajärjestelmä sisältää riskitason kuvaamista tukevia toiminnallisuuksia ainakin osittain, jolloin sovelluksen toiminnallisuutta oli helpompi hahmottaa. Heikoiten sovelluksen hyödyllisyyden arvioi projekti-HSE:n edustaja korostaen ihmisen roolia ja nykyistä työntekijöiden asiantuntemuksen kattavuutta työluvista päättäessä.

#### **Hyödyt sovelluksesta 10: Hätätilanteessa jalostamoalueen tehokkaan tyhjentämisen tukeminen**

Kymmenennen sovelluksen keskeisin hyöty liittyy reagointikyvyn lisäämiseen hätätilanteessa. Projekti-HSE:n edustaja kuvaili, että jalostamoalueen tyhjentämisessä nopeuden varmistaminen on tärkeää ja myös teknisten päälliköiden esimies totesi, että sovellus vastaisi tunnistettuun puutteeseen jalostamalla siitä, että vaaratilanteesta varoittamisen ja alueen tyhjentämisen käytännöt eivät ole riittävän tehokkaita.

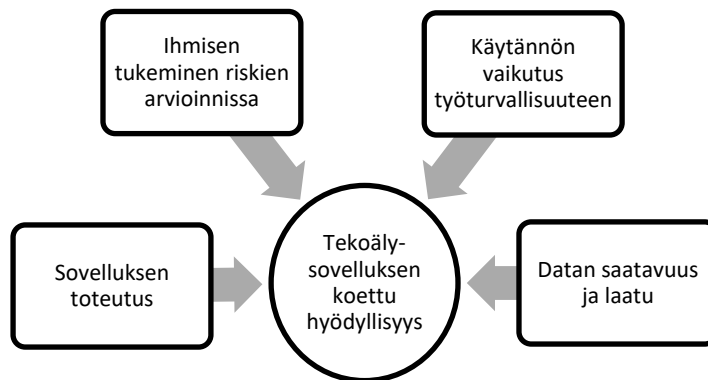
Paikallinen HSE korosti, että sovelluksella voidaan tukea hätätilanteissa toimimisesta vastuussa olevaa palokuntaa ja mahdollisesti pelastaa jopa ihmishenkiä lisäämällä organisointi- ja reagointi-nopeutta kriittisessä tilanteessa. Myös konserni-HSE koki, että sovelluksen käyttöönotolla voitaisiin tukea hätätilanteessa toimimista niin organisaation kuin yksittäisten työntekijöiden toimimisen näkökulmasta keräämällä reaaliaikaista tietoa nopeasti toiminnan suunnitteluksi. Teknisten päälliköiden esimies sanoi, että automaatio voisi vähentää inhimillisiä virheitä esimerkiksi tuulen suunnan tulkinnasta, jonka on koettu olevan subjektiivista.

Paikallinen HSE koki sovelluksen hyödyllisyyden arvioinnin vaikeaksi sen takia, että hätätilanteiden esiintyminen on epätodennäköistä, mutta sovelluksella saavutettava vaikutus turvallisuuteen voisi olla erittäin merkittävä. HSEQ-päällikkö kuvaili organisaation vastuuta näiden tilanteiden hallinnasta seuraavasti: *“Kaikki, mitä me pystytään tehdä ihmisten pelastamiseksi ja ennakoivaksi siinä vaaratilanteessa niin meidän tulee tehdä.”* Heikoimmin sovelluksen hyödyllisyyden arvioi Operational Excellence-johtaja, joka näkyy tuotannon linjaorganisaation käyttäjä-

ryhmän keskiarvossa. Hän kuvaili, että hätätilanteiden toteutumista ehkäisevät ja siten ennakoivaa toimintaa tukevat sovellukset ovat hyödyllisempiä tähän verrattuna. Hän kuitenkin mainitsi sovelluksen olevan toteutettavissa jo nykyisen kaiutinjärjestelmän avulla, jolloin tekoäly voisi valita tilanteeseen sopivan kuulutuksen ihmisten ohjaamiseksi jalostamoalueella.

### 6.3.2 Tekoälysovellusten hyödyllisyyteen vaikuttavat tekijät

Haastateltavia pyydettiin arvioimaan, millaiset tekijät vaikuttivat tekoälysovellusten hyödyllisyyden arviointiin. Tämän perusteella tunnistettiin neljä eri tekijää, jotka vaikuttivat tekoälysovellusten hyödyllisyyteen riskien arvioinnin tehtävissä. Nämä tekijät esitellään kuvassa 12.



**Kuva 12.** Tekoälysovellusten koettuun hyödyllisyyteen vaikuttavat tekijät

Tekoälysovellusten koettuun hyödyllisyyteen vaikutti se, kuinka hyvin sovellus kykenisi tukemaan ihmisen työskentelyä riskien arvioinnin tehtävissä. Projekti-HSE:n edustaja kuvaili asiaa siten, että tekoälysovelluksen hyödyllisyys lisääntyy, kun sillä voidaan tehostaa riskien arviointiin liittyviä prosesseja vähentämällä yksittäiselle työntekijälle jäävää inhimillistä arviointia ja varmistaa riskienhallinta kaikissa tilanteissa. Myös vanhempi HSE-insinööri kuvaili, että jos tietotekniikalla voitaisiin auttaa organisaatiota tukemaan työntekijöiden riskien arviointia jalostamoympäristön piirteet huomioiden, voisivat työntekijät keskittyä enemmän olennaisiin asioihin riskien arvioinnissa ja tilanteiden hallinnassa yhdessä keskustellen.

Mitä suurempia vaikutuksia käytännössä tekoälysovelluksella koettiin olevan työturvallisuuteen, sitä hyödyllisempi tekoälysovellus oli erityisesti paikallisen HSE:n näkökulmasta. Haastateltavat kuvailivat, että tekoälysovelluksen on vaikutettava tunnistettuihin ja merkittävimpiin turvallisuuspuutteisiin jalostamoympäristössä vaaratilanteiden ehkäisemiseksi. HSEQ-päällikkö koki yksittäisen tekoälysovelluksen hyödyllisemmäksi, mikäli hän tunnisti, että sillä olisi voinut ehkäistä tai ymmärtää paremmin jonkin vaaratilanteen syntymistä. HSE-päällikkö viittasi tekoälysovellusten turvallisuusvaikutukseen seuraavasti: *“On asioita, joita olisi kiva olla, mutta sitten se, että saavutetaanko niillä oikeasti ihmishenkien pelastuksia.”*

Konserni-HSE mainitsi datan saatavuuden ja laadun vaikuttavan tekoälysovellusten koettuun hyödyllisyyteen. Konserni-HSE:n johtaja kuvaili sovellusten hyödyllisyyden riippuvaisuutta jalostamoympäristön nykyisistä dataresursseista seuraavasti: *“Jos tätä dataa ei ole, mistä tämä*

*tekoäly niitä johtopäätöksiä pystyy tekemään, niin sitten se tekee todennäköisesti vääriä johtopäätöksiä.* Mikäli siis konserni-HSE:n edustajat kokivat, että ällä hetkellä sovelluksen toiminnan edellyttämää dataa ei ole olemassa tai se on puutteellista, ei sovelluksella voida saavuttaa toivottuja hyötyjä lyhyellä tähtäimellä. Konserni-HSSEQ:n johtaja kuvaili, että tekoälyn hyödyllisyyttä pitäisi arvioida keskittymättä liikaa nykyisiin dataresursseihin sekä tunnisti suhtautumisen sovelluksiin olevan helposti epäileväistä, koska tekoälysovellusten toiminnan edellytyksistä ei tiedetä tarpeeksi.

Edellä mainittujen tekijöiden lisäksi tekoälysovellusten hyödyllisyyteen vaikutti niiden käytännön toteutus. Teknisten päälliköiden esimiehen mukaan käsitys siitä, kuinka hyvin erilaisia tilanteita ja olosuhteita riskien arvioinnin tehtävissä voitaisiin tekoälylle kuvailla, vaikutti hänen arvioonsa yksittäisen sovelluksen hyödyllisyydestä. Myös konserni-HSE:n johtaja kuvaili, että esimerkiksi kahdeksannen sovelluksen tehokasta hyödyntämistä rajoittaa se, että tällä hetkellä simops-käytännön tavoitteita ja töiden yhteensovittelua kuvaavia sääntöjä ei ole riittävällä tasolla määritelty.

## 6.4 Tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavat organisaatiotason tekijät ja käyttöönoton haasteet

Tutkimuksessa määriteltiin kirjallisuuden perusteella erilaisia tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavia organisaatiotason tekijöitä, joihin perustuvia väitteitä haastateltavia pyydettiin arvioimaan. Näitä arvioita käydään läpi muodostamalla ensin kokonaiskuva tuloksista, jonka jälkeen esitellään tarkemmin haasteltavien kuvauksia arviointien perusteluista.

Taulukossa 9 kuvataan tekoälyn käyttöönottoon vaikuttaviin tekijöihin liittyvät tulokset turvallisuusjohtamisen eri käyttäjäryhmien edustajien arvioiden perusteella. Yksittäisen tekijän arviot esitellään käyttäjäryhmittäin ja kaikkien haastateltavien arvioista otettuun keskiarvoon perustuen. Useampaan väitteeseen perustuneiden tekijöiden keskiarvo on sitä edustaneiden väitteiden arvioiden keskiarvo. Vastaavasti erilaisia tekijöitä kuvaavia ominaisuuskategorioita kuvataan keskiarvolla kategoriaan liittyvien tekijöiden keskiarvojen keskiarvolla. Tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavien tekijöiden arvioita voidaan tulkita siten, että mitä suurempi arvio on asteikolla 1-5, sitä paremmin kyseinen tekijä tukee tekoälyn käyttöönottoa työturvallisuusriskien arvioinnissa tarkasteltavassa organisaatiossa.

**Taulukko 9.** Tekoälyn käyttöönottoon työturvallisuusriskien arvioinnissa vaikuttavien organisaatiotason tekijöiden arviot käyttäjäryhmittäin

Käyttöönottoon vaikuttava tekijä	Konserni-HSE	Tuotannon linja-organisaatio	Paikallis-HSE	Projekti-HSE	Keski-arvo (n=7)	Ominaisuus-kategorian keskiarvo
Suhteellinen etu	5.0	4.0	5.0	3.0	4.4	3.6
Yhteensopivuus	5.0	3.8	4.7	2.5	4.1	
Monimutkaisuus	2.5	2.8	3.0	1.5	2.6	
Teknologioiden kypsyttömyys	4.0	1.0	2.0	1.0	1.9	

Kokeiltavuus	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
Digitalisaatioaste	2.5	1.8	2.5	2.5	2.3	
Analytiikka- ja tekoälyosaaminen	2.0	-	-	-	2.0	
Johtoportaan tuki	4.0	3.5	4.0	3.0	3.7	
Data ja datan käsittely	3.3	3.1	3.4	3.3	3.3	
IT-asiantuntijuus	2.0	2.0	3.0	5.0	2.9	<b>3.1</b>
Strateginen suunnittelu	3.0	3.0	4.0	-	3.5	
Toimiala- ja liiketoiminta-osaaminen	4.0	3.5	4.0	5.0	4.0	
Avoin organisaatiokulttuuri	3.3	3.0	3.6	3.3	3.3	
Soveltuva lainsäädäntö	3.0	2.5	3.0	1.0	3.1	
Toimintaympäristön paine	4.0	5.0	4.0	1.0	3.9	<b>3.5</b>
Suhtautuminen tekoälyyn	3.5	3.8	3.7	3.5	3.6	<b>3.6</b>

Taulukon perusteella käyttäjäryhmien arvioiden välillä ei juurikaan ollut niin merkittäviä eroja, että käyttäjäryhmät olisivat arvioineet tietynlaista tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavaa tekijää arviointiasteikon ääripäistä toimintaympäristön paineeseen liittyvää tekijää lukuun ottamatta. Kaikista tasaisimmin arvioituja tekijöitä eri käyttäjäryhmien keskiarvoja vertailemalla olivat tekoälyn kokeiltavuus, data ja datan käsittely, avoin organisaatiokulttuuri sekä johtoportaan suhtautuminen tekoälyyn. Kaikkien vastauksien keskiarvon perusteella merkittävimpiä tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavia tekijöitä esiintyi tekoälyyn ja organisaatioon liittyvissä ominaisuuskategorioissa, joissa erilaisten tekijöiden keskiarvo kaikista vastauksista oli neljän tai kahden rajapinnassa. Yksittäisen ominaisuuskategorioiden merkittävyudessa niitä edustavien tekijöiden keskiarvojen keskiarvon perusteella ei ollut merkittäviä eroja, mutta kategoriat ovat keskenään eriarvoisia niitä edustavien tekijöiden vaihtelevan lukumäärän vuoksi.

Haastateltavilta kysyttiin, tunnistavatko he tutkimuksessa kartoitettujen tekijöiden lisäksi muita tekoälyn käyttöönottoon työturvallisuusriskien arvioinnissa vaikuttavia tekijöitä. Projekti-HSE:n edustaja kuvaili, että muissa yrityksissä on otettu käyttöön paljon erilaisia digitaalisia ratkaisuja, joita jalostamo-ympäristössä ei ole vielä hyödynnetty tai niiden mahdollisuutta kartoitettu. Tähän perustuen haastateltavan näkökulmasta toimintaympäristöön liittyvä tekijä on benchmarking-käytännön hyödyntäminen tarkastelemalla, millaisia tekoälyratkaisuja muissa yrityksissä on otettu käyttöön. Operational Excellence-johtaja puolestaan huomautti, että dataan ja datan käsittelyyn liittyvää ominaisuutta olisi syytä laajentaa kattamaan datainfrastruktuurin valmius tekoälyn käyttöönottoon erityisesti nykyisten tietokantaratkaisujen suhteen.

### Tekoälyn ominaisuuksia kuvaavat tekijät



Haastatteluissa esiteltyjen tekoälysovellusten pohjalta haastateltavia pyydettiin arvioimaan, miten he kokevat tekoälyn yleisesti soveltuvan riskien arvioinnin tehtäviin ja jalostamoympäristöön sekä millainen käsitys haastateltavilla tällä hetkellä on tekoälystä. Haastatteluiden perusteella tekoäly soveltuu pääasiallisesti hyvin riskien arvioinnin tehtäviin jalostamoympäristössä ja tuo näissä tehtävissä suhteellista etua nykyisiin menetelmiin verrattuna. Konserni-HSSEQ:n johtaja kuvaili näkemysten tekoälyn suhteellisesta edusta vain vahvistuvan sen käyttöönoton myötä seuraavasti: *“Jos sitä ruvetaan käyttää niin se on todennäköisesti aika eksponentiaalinen muutos, kun me ymmärretään, mitä me saadaan sillä.”*

Heikoimmin tekoälyn yhteensopivuuden kokivat projekti-HSE:n edustaja ja teknisten päälliköiden esimies, mikä näkyy näiden käyttäjäryhmien alhaisempina keskiarvoina. Varautunut suhtautuminen tekoälyyn johtuu siitä, että tekoälysovellusten käytännön toteutus ei ollut haastateltavien näkökulmasta vielä ilmeinen ja ihmisten roolin säilyttämistä päätöksenteossa painotettiin turvallisuuskriittisen ympäristön vuoksi. Teknisten päälliköiden esimies kuvaili, että ihmisillä on oltava aina päätösvastuu, sillä oikeudessa ei voi vedota tekoälyn tekemään ratkaisuun, jos sattuisi jotain vakavaa.

Muut haastateltavat olivat yhtä mieltä siitä, että tekoälyn rooli on tukea ihmisten työskentelyä työturvallisuusriskien arvioinnin tehtävissä, mutta näkivät, että tekoäly erinomaan soveltuu hyvin monimutkaiseen jalostamoympäristöön, johon liittyy monia muuttuvia tekijöitä. Operational Excellence-johtaja sanoi, että tekoäly kykenee tuomaan suhteellista etua riskien arviointiin, koska ihmisen kyky käsitellä suuria määriä dataa, erilaisten tekijöiden välisiä yhteyksiä sekä ymmärtää monimutkaisia kokonaisuuksia on rajallinen. HSE-päällikkö kuvaili tekoälyn soveltuvan, kun sen käyttökohde ja -tapa kohtaavat ja huolellisesti määritellään, mitkä asiat jäävät työntekijöiden vastuulle riskien arvioinnissa. Operational Excellence-johtaja mainitsi, että tekoäly ei sovellu käyttökohteisiin, joissa erilaisten tekijöiden välisiä suhteita on vaikea ottaa huomioon ja muodostuu liikaa poikkeuksia kuvattuun prosessiin verrattuna.

Haastateltavat olivat varovaisia vastatessaan siihen, millä tasolla he kokevat tietävänsä tekoälystä tällä hetkellä. Moni arvioi käsittävänsä tekoälyn jollain tasolla eikä kenelläkään ollut merkittävää aikaisempaa kokemusta aihepiiriin liittyen, jos ollenkaan. Operational Excellence-johtaja sanoi, että tekoälyä voidaan kuvailla eri tavoin eikä se tarkoita vain supertietokonetta. Haastateltava määritteli tekoälyn tarkoittavan laajemmin *“älykkäitä tekniikoita, joiden avulla voidaan saavuttaa ratkaisuja nopeammin ja tehokkaammin”*. HSEQ-päällikkö kuvaili tekoälyyn liittyvää tietämystä ja ymmärrystä siten, että monet saattavat luulla tietävänsä, mitä tekoäly tarkoittaa, mutta eivät todellisuudessa kuitenkaan tiedä.

Luonnollisesti aikaisemman kokemuksen ja tiedon puutteen vuoksi haastateltavat kokivat tarvitsevänsä tukea tekoälysovellusten toiminnan ymmärtämiseksi, joka näkyy tekoälyn monimutkaisuuden arvioinnissa. Toisaalta HSEQ-päällikkö ja Operational Excellence-johtaja totesivat, että tekoäly ei tunnu kovin monimutkaiselta, mutta minkä tahansa uuden järjestelmän yhteydessä on huolehdittava riittävästä työntekijöiden tukemisesta koulutuksen ja viestinnän muodossa sekä ymmärrettävä sen toiminnan perusta. HSE-päällikkö kuvaili, että tekoäly-

sovellusten toimintalogiikan ymmärtämisessä tukeminen edesauttaa myös luottamuksen muodostamista sovelluksen toimintaan. Toisaalta yksittäisen tekoälysovelluksen käyttöönotto ei välttämättä tarkoita sitä, että jokaisen työntekijän täytyisi ymmärtää sovelluksen toimintaa syvällisellä tasolla. Konserni-HSSEQ:n johtaja viittasi tähän huomauttamalla, että vain muutamia asiantuntijoita tulisi tietämään algoritmitasolla sovellusten toiminnasta.

Tekoälyn suhteellisesta edusta ja yhteensopivuudesta huolimatta haastateltavat kokivat tekoälysovellusten käyttöönottoon liittyvän riskejä niiden toteutuksessa ja tulosten validoinnissa. Operational Excellence-johtaja kuvaili, että riskienhallinnan näkökulmasta tekoälyn opettamisessa on kiinnitettävä huomiota siihen, että tekoäly ohjaa turvalliseen toimintaan. Paikallinen HSE ja konserni-HSE kokivat, että tekoälysovellusten toimintaan liittyvät riskit voidaan kuitenkin hallita varmistamalla riittävä ymmärrys sovellusten toiminnasta, mikä näkyi näiden käyttäjäryhmien korkeampina keskiarvoina. Tekoälysovellusten toimintaan liittyvien riskien kokeminen näkyi loogisesti tekoälyn kokeiltavuuden korkeissa arvioissa. Haastateltavat olivat yhtä mieltä siitä, että tekoälysovelluksia on pystyttävä kokeilemaan ennen käyttöönottoa pilotteja toteuttamalla. Konserni-HSSEQ:n johtajan mukaan pilotointi *“on tapa viedä ihan mitä tahansa asiaa (eteenpäin), koska siinä voi oppia nopeasti”* viitaten sen tärkeyteen erilaisten muutoksien toteutuksessa.

### **Organisaation ominaisuuksia kuvaavat tekijät**

Organisaation ominaisuuksia kuvaaviin tekijöihin perustuvien väitteiden avulla kartoitettiin nykytilannetta tarkasteltavan organisaation piirteistä tekoälyn käyttöönoton tukemiseksi. Haastatteluiden perusteella digitalisaatioaste työturvallisuuden hallintaan liittyvissä tehtävissä ja prosesseissa jalostamoympäristössä ei ole korkea. Haastateltavat olivat yhtä mieltä siitä, että digitalisaation lisääminen jalostamoympäristössä on ollut selkeä kehityskohde, mutta digitalisaatioasteen tarkastelu riippuu siitä, mistä tehtävästä tai prosessista puhutaan. Esimerkiksi työlupekäytäntö on lähes täysin manuaalinen, mutta käyttäjäryhmien omassa työskentelyssä hyödynnetään pääasiallisesti sähköisiä järjestelmiä ja materiaaleja. Työturvallisuuden hallintaan liittyy kuitenkin paljon paperilla tehtävää työskentelyä ja erityisesti paikallinen HSE koki, että nykypäivän digitalisaation tarjoamiin mahdollisuuksiin verrattuna ei työturvallisuuden hallinnassa näkyvä digitalisaatio edes tunnu digitalisaatiolta.

Tarkasteltavassa organisaatiossa myös aikaisempi kokemus data-analytiikasta työturvallisuuden hallintaan liittyvissä tehtävissä ja prosesseissa on vähäistä, joka laskee digitalisaatioasteen keskiarvoa. Paikallisen HSE:n mukaan nykyisten analyysien tehokkuus ja syvällisyys ei ole toivotulla tasolla ja perustuu pääasiallisesti numeraalisen datan hyödyntämiseen. Operational Excellence-johtaja kuvaili, että toiminnan kehittämiseen tähtääviä systemaattisia ja standardoituja analyyseja ei tehdä eikä oikeastaan niiden tekemistä tukevia prosesseja ole olemassa.

Organisaation analytiikka- ja tekoälyosaamisen riittävydestä kysyttiin vain konserni-HSSEQ:n johtajalta, sillä aikaisempien keskustelujen perusteella oli selvää, että kokemusta ja asiantuntemusta data-analytiikkaan ja tekoälyyn liittyen ei ole riittävästi tässä organisaatio-kontekstissa. Konserni-HSSEQ:n johtaja arvioi, että analytiikkaan ja tekoälyyn liittyvää osaamista

ja ymmärrystä selvästi puuttuu turvallisuusjohtamisen kontekstissa vahvistaen tutkijan käsitystä nykytilanteesta. Haastateltava kuitenkin uskoi sisäisten resurssien koulutuksen ja perehdytyksen mahdollistavan osaamisen kehittämistä viitaten Nesteellä käynnissä olevaan jatkuvaan kehittämisen ja analyytiikkaosaamisen kehityshankkeeseen, joka luo perustaa myös data-analytiikan osaamiselle.

Haastateltavat eivät nähneet juurikaan syitä, miksi organisaation johtoporras ei tukisi tekoälysovellusten käyttöönottoa, kunhan pystytään määrittämään, millaista lisäarvoa tietystä sovelluksesta olisi. Tällä hetkellä jalostamoympäristössä on meneillään monia hankkeita päivittäisen tekemisen lisäksi, jolloin resurssien määrä on usein uusien hankkeiden aloittamista hidastava tekijä. Teknisten päälliköiden esimies kuvaili, että johtoporras tukee kyllä puheiden tasolla, mutta tällä hetkellä on liikaa tekemistä samaan aikaan. Tästä huolimatta konserni-HSSEQ:n johtaja ei kokenut haasteelliseksi saada johtoportaalta tukea tekoälyyn liittyvien kartoitusten tekemiselle, jos vain uusia hankkeita ehdotettaisiin aktiivisemmin. HSEQ-päällikkö kuitenkin painotti, että uusia hankkeita pitäisi pystyä toteuttamaan rauhallisemmin keskittymällä riskienhallintaan ja pilotoimalla.

Jalostamoympäristön dataa ja sen käsittelyä tarkasteltiin useamman eri väitteen avulla liittyen datan määrään ja laatuun, reaaliaikaisen datan keräämiseen sekä datan hajautuneisuuteen. Haastatteluiden perusteella jalostamoympäristöön liittyy paljon erilaista dataa riskien arviointiin ja ympäristön olosuhteisiin liittyen, mikä sisältää osittain reaaliaikaista dataa sekä dataa pidemmiltä ajanjaksoilta. Haastateltavat osoittivat datan määrään, laatuun ja reaaliaikaisuuteen verrattuna enemmän huolenaihetta datan vaikeasta hyödynnettävyydestä. Jalostamoympäristössä tietojärjestelmissä dataa on erityisesti NCR-järjestelmässä sekä tuotantoprosessiin liittyen esimerkiksi paineista, virtauksista ja lämpötiloista prosessinohjaus- ja automaatiojärjestelmissä ja pyörivien laitteiden mittaukseen liittyvässä järjestelmässä. Kunnossapitoon liittyvää dataa ollaan vasta muodostamassa ja perustii paljolti manuaalisiin tarkastuksiin. Haastateltavien mukaan jalostamolla hyödynnetään paljon erilaisia laitteita, kuten henkilökohtaiset kaasumittarit, työympäristön olosuhteiden mittaamiseen, mutta kyseistä dataa ei kerätä yhteiseen tietokantaan eikä ole työkaluja sen muuntamiseksi helposti hyödynnettävään muotoon.

Datan hyödynnettävyyttä vaikeuttaa datan hajautuneisuus eri tietojärjestelmiin. Haastateltavat olivat lähes yksimielisiä siitä, että datan käsittely ei ole systemaattista ja yksittäiseen aihepiiriin liittyen saattaa olla useampi eri järjestelmä. Projekti-HSE:n edustaja mainitsi esimerkin siitä, että Neste Engineering Solutions Oy hyödyntää NCR-järjestelmän rinnalla omaa poikkeamien ja havaintojen raportointijärjestelmää. Myös teknisten päälliköiden esimies kuvaili, että tällä hetkellä samaa tietoa saatetaan syöttää useisiin järjestelmiin ja käsittelemään asioita Excel-tiedostoissa, jolloin tässä manuaalisessa käsittelyssä tapahtuu helposti virheitä. Operational Excellence-johtajan käsitys datan hyödyntämismahdollisuuksista tiivistyi seuraavasti *“Dataa on siis jossain paikassa, mutta se ei ole siellä, missä sen haluttaisiin olevan.”*

Haasteltavilta kysyttiin myös tekoälysovellusten, kuten sovelluksen 5, edellyttämästä datasta sen perusteella, kuinka paljon jalostamoympäristössä tapahtuu turvallisuuspoikkeamia tekoälyn opet-

tamiseksi. Haastateltavat eivät kokeneet juurikaan haasteita turvallisuuspoikkeamia kuvaavien esimerkkien löytämiseksi, mikäli huomioidaan tapaturmien lisäksi läheltä piti -tilanteiden kuvaukset. HSE-päällikkö kuitenkin kuvaili, että jalostamoympäristössä toistuu selvästi tietyn tyyppiset tapaukset tekoälylle mallinnettavaksi, mutta on myös yllättäviä, vaikeasti ennakoitavia ja aikaisemmin tiedostamattomia vaaratilanteita.

Haastatteluiden perusteella IT-asiantuntijoiden vähäinen määrä sekä paikallisten resurssien puute laskivat arviota IT-asiantuntijuuden riittävydestä, kun suurin osa IT-resursseista on tällä hetkellä keskitetty. Arvioihin kuitenkin vaikuttivat haastateltavien aikaisempi kokemus IT-resursseja vaatineista hankkeista, jolloin käyttäjäryhmien arvioissa esiintyi vaihtelevuutta. Esimerkiksi teknisten päälliköiden esimies koki, että IT-asiantuntijoita on ollut vaikea saada riittävästi ja nopeasti yksittäisiä hankkeita tukemaan, kun puolestaan projekti-HSE:n edustaja uskoi, että näin suuressa organisaatiossa riittävä määrä asiantuntijuutta pystytään varmistamaan esimerkiksi palveluntoimittajia hyödyntäen. Turvallisuusjohtamisen toiminnoissa IT-resursseja ei kuitenkaan juurikaan ja konserni-HSSEQ:n johtaja huomautti, että tekoälyn käyttöönotto tulisivin edellyttämään osaavien resurssien hankintaa joko HSSEQ-yksikön sisäisesti tai keskitetysti Nesteellä.

Tekoälyn hyödyntämisen tavoite turvallisuusjohtamisessa ei ollut haastateltaville selkeää, koska riittävää ymmärrystä tekoälyn mahdollisuuksista ei ole vielä muodostunut. Osa haastateltavista kuvaili tekoälyn hyödyntämisen tavoitteita seuraavasti:

- Parempien ja tehokkaampien työkalujen kehittäminen turvallisuusjohtamiseen (vanhempi HSE-insinööri)
- Turvallisuuden seurannan ja oppimisen tukeminen turvallisuusjohtamisjärjestelmän tavoitteiden saavuttamiseksi (HSEQ-päällikkö)
- Heikkojen signaalien tunnistaminen reaaliaikaiseen turvallisuustilanteeseen perustuen (konserni-HSSEQ:n johtaja)

Konserni-HSSEQ:n johtajan mukaan *“organisaatiossa tapahtuu varmasti tosi paljon sitä, mitä me ei tiedetä”*, millä hän viittasi näkemyksen työturvallisuuden nykytilanteesta perustuvan yksittäisiin tilannekuviin eikä siten laajempaa tietoisuutta turvallisuuskäyttäytymisestä ole. Toisaalta Operational Excellence-johtaja huomautti, että tekoälyn myötä digitaalisiaatio luo yhä uusia mahdollisuuksia ja kyvykkyyksiä lisää, jolloin hän kyseenalaistaa sen, että pystyykö kukaan tällä hetkessä sanomaan, mitä tekoälyllä voidaan todellisuudessa saavuttaa.

Haastateltavat kokivat toimiala- ja liiketoimintaosaamisen tekoälyn käyttöönoton tukemiseksi pääasiallisesti riittäväksi, mikä näkyi kyseisen ominaisuuden suhteellisen korkeana arviona. Osaamisen riittävyttä ei nähty tarpeelliseksi kyseenalaistaa, kunhan tekoälyyn perehdytään tarkemmin. Toimiala- ja liiketoimintaosaamisen tarkastelun jälkeen arvioitiin organisaatiokulttuuria tekoälyn käyttöönoton tukemiseksi väitteillä liittyen organisaatiokulttuurin avoimuuteen, tuotantoon ja turvallisuuden hallintaan liittyvien toimintojen välillä tiedon ja kokemusten jakamisesta sekä turvallisuuskulttuurista uusien teknologioiden käyttöönotossa.

Avoin ja vastaanottava organisaatiokulttuuri on osa Nesteen identiteettiä ja strategiaa, mutta sen toteutuminen näkyy heikommin työmailla yksittäisten työntekijöiden tasolla. Haastateltavat

kuvailivat, että uusiin muutoksiin ja toimintatapoihin suhtaudutaan helposti epäilevästi, mutta mikäli kyse on työntekijöiden päivittäistä työskentelyä tukevista ratkaisuista, on työntekijöiden vastaanotto kyky parempi. Teknisten päälliköiden esimiehen mukaan tämän vastaanottokyvyn varmistamiseksi on panostettava riittävään koulutukseen, viestintään ja käyttöönottoa tukevien resurssien varmistukseen. Toisaalta laajemmin organisaatiotasolla konserni-HSSEQ:n johtaja kuvaili, että ilman avointa ja vastaanottavaa organisaatiokulttuuria ei Nestettä olisi, kun tarkastellaan yrityksen tekemiä liiketoiminnallisia ratkaisuja muihin saman toimialan yrityksiin verrattuna. Projekti-HSE:n edustajan mukaan juuri organisaation toimiala vaikuttaa kuitenkin olennaisesti siihen, että uusia muutoksia ja toimintatapoja toteutetaan harkiten ja pitkäjänteisesti esimerkiksi ketteriin ohjelmistokehitysyhtiöihin verrattuna.

Avoimen organisaatiokulttuurin keskiarviota laski uusista toimintatapoista ja prosessimuutoksista tiedon ja kokemusten jakamisen vähäisyys tuotantoon ja turvallisuuden hallintaan liittyvien toimintojen välillä. Haastateltavien perusteella tietoa ja kokemuksia jaetaan vaihtelevasti, koulutus muutosten yhteydessä saattaa jäädä vähäiseksi ja haasteellista on uusien asioiden muuntaminen osaksi käytännön toimintaa päivitettyjen toimintatapojen ja prosessien muodossa. Operational Excellence-johtajan mukaan muutoksien toteutus edellyttääkin paljon enemmän kuin vain viestintää. Toisaalta organisaatiokulttuurin arviota vahvisti se, että haastateltavat kokivat, organisaation turvallisuuskulttuurin tukevan uusien teknologioita ja toimintatapojen käyttöönottoa samalla tavalla kuin organisaatiokulttuurinkin. HSE-päällikön mukaan *“se (turvallisuuskulttuuri) tukee ehdottomasti niinkuin jatkuvaa parantamista ja uusien toimintatapojen etsimistä”* viitaten turvallisuuskulttuuriin liittyvän jatkuvan kehittämisen tavoitteen tukevan tekoälyn käyttöönottoa. Vanhemman HSE-insinöörin mukaan turvallisuuskulttuuri on tällä hetkellä sillä tasolla, että organisaatiossa ollaan avoimia uusille ajatuksille ja työkaluille turvallisuuden hallintaan liittyvissä tehtävissä teknologioiden käyttöön perustuen.

### **Toimintaympäristön ominaisuuksia kuvaavat tekijät**

Haastateltavia pyydettiin pohtimaan tekoälysovellusten käyttöönottoon liittyvästä lainsäädännöstä mahdollisesti muodostuvia haasteita, mutta käyttöönottoon vaikuttavaa lainsäädäntöä tunnistettiin heikosti. Lainsäädäntöön liittyvien haasteiden koettiin kuitenkin muodostavan vain reunaehdoja tekoälysovellusten toteutukselle jo ilman tarkempaa asiaan perehtymistä. Keskeisiä lainsäädäntöön liittyviä pohdintoja tekoälyn käyttöönottoon liittyen olivat tietosuoja, päätös-vastuun säilyttäminen ihmisillä sekä tuotantoprosessin datan käsittelyn osalta tietoturvaan liittyvä pohdinto siitä, että laitoksen toimintaan voitaisiin vaikuttaa haitallisesti ulkopuolisen tahon toimesta. HSEQ-päällikkö kuvaili tarvetta perehtyä lainsäädäntöön tarkemmin yksittäisten tekoälysovelluksen yhteydessä seuraavasti: *“tekoäly voidaan ottaa käyttöön, meidän pitää vaan varmistaa, mitä se tarkoittaa”*. Konserni-HSSEQ:n johtaja mainitsi, että lainsäädäntöön liittyy myös tekoälysovellusten toiminnan validoinnin varmistaminen taustalla olevan analytiikan tarkoituksenmukaisuudesta.

Pääasiallisesti haastateltavat kokivat, että organisaation toimintaympäristöstä kohdistuu ulkoista painetta tekoälyn käyttöönottamiseksi yleisesti digitalisaation kehittämisen kautta. Tuotannon

linjaorganisaatiossa kuvailtiin ulkoisten paineiden liittyvän maailman nopeaan muuttumiseen, aktiivisiin keskusteluihin teollisuuden digitalisaatiosta sekä kustannustehokkuuden lisäämiseen. Paikallinen HSE koki enemmän organisaation sisäisesti kohdistuvan toiveita digitalisaation kehittämisestä ylipäänsä sekä tekoälysovellusten käyttöönoton yhteydessä linjaorganisaation tarpeisiin vastaamisesta sovellusten toiminnasta. Ainoastaan projekti-HSE:n edustaja koki, että ulkoiset paineet tekoälyn käyttöönotosta eivät näyttäyty hänen roolissaan, mikä selittää muista käyttäjäryhmistä poikkeavaa arviota.

### Johtoportaan ominaisuuksia kuvaavat tekijät

Johtoportaan suhtautumista tekoälyyn kuvattiin väitteissä sen perusteella, miten johtoporras on tyypillisesti suhtautunut uusien teknologioiden käyttöönottoon ja miten haastateltavat uskoivat, että johtoporras ymmärtää tekoälyä käytännössä. Haastatteluiden perusteella johtoportaan suhtautuminen uusien teknologioiden käyttöönottoon on tyypillisesti myönteistä ja rohkaisevaa. Operational Excellence-johtaja kuvaili, että tämä näkyy jalostamoympäristössä kehitys-hankkeiden määrässä ja keskittymisenä siihen, miten digitalisaation avulla voitaisiin tehdä töitä paremmin, luotettavammin ja turvallisemmin.

Haastateltavat olivat kuitenkin varovaisia arvioidessaan johtoportaan ymmärrystä tekoälystä. Moni haastateltavista uskoi, että johtoporras ymmärtää tekoälyä käytännössä korkeintaan samalla tasolla kuin he itse ja konserni-HSEQ:n johtaja pohti johtoportaan korkeamman keski-ikänsä saattavan vaikuttaa ymmärryksen tasoon. Toisaalta HSEQ-päällikkö ja HSEQ-yksikön johtaja kuvailivat, että tekoälyä tuskin aidosti ymmärretään ennen kuin siihen riittävästi perehdytään. Erityisesti HSEQ-päällikkö oli huolissaan siitä, että tekoälyyn suhtaudutaan jopa turhankin innokkaasti miettimättä riittävällä tasolla käyttöönottoon liittyviä riskejä ja valmiutta.

### Tekoälyn käyttöönoton haasteet

Turvallisuusjohtamisen eri käyttäjäryhmät tunnistivat yhteensä kahdeksan eri tekoälyn käyttöönoton haastetta, jotka esitellään niitä kuvaavien ominaisuuskategorioiden avulla taulukossa 10. Taulukossa on tunnistettuna jokaisen haasteen osalta, liittyykö se aikaisemmin tunnistettuihin tekoälyn käyttöönottoon vaikuttaviin tekijöihin vai onko kyseessä uusi tekijä (-).

**Taulukko 10. Haastatteluissa tunnistetut tekoälyn käyttöönoton haasteet**

Ominaisuus-kategoria	Tekoälyn käyttöönoton haaste riskien arvioinnissa	Käyttöönottoon vaikuttava organisaatiotason tekijä
Tekoälyn ominaisuudet	Epäilyt tekoälysovellusten toimivuudesta	Monimutkaisuus
	Tekoälyn ymmärrys	Monimutkaisuus, teknologioiden kypsyttömyys
Organisaation ominaisuudet	Muutoksenhallinta	-
	Resurssien riittävyys	-
	Tekoälyn omistajuus	-
	Tietoisuus tekoälylle soveltuvista dataresursseista	Data ja datan käsittely
	Datan eheys, laatu ja infrastruktuuri	Data ja datan käsittely
	Tekoälyosaaminen	Analytiikka- ja tekoälyosaaminen

Kuten taulukosta 10 huomataan, haastateltavat tunnistivat tekoälyn käyttöönoton haasteita tekoälyn ja organisaation ominaisuuksia kuvaaviin tekijöihin liittyen. Pääasiallisesti tunnistetut haasteet vastasivat niitä edustavien tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavien tekijöiden alhaisempia arvioita, sillä esimerkiksi teknologioiden kypsyttömyyden keskiarvo oli 1.9. Haastateltavat tunnistivat myös aiemmin kartoitettujen tekijöiden ulkopuolelta kolme erilaista tekoälyn haastetta organisaation ominaisuuksiin liittyen.

Projekti-HSE:n edustaja ja teknisten päälliköiden esimies epäilivät tekoälysovellusten toimivuutta käytännössä, jota teknisten päälliköiden esimies pohti seuraavasti: *“miten hyvin se (tekoäly) kuitenkaan pystyy sitä kokonaiskuvaa muodostamaan”*. Myös tekoälyn ymmärryksen varmistus nostettiin teknisten päälliköiden esimiehen ja HSEQ-päällikön toimesta yhdeksi tekoälyn käyttöönoton haasteeksi. Riittävän tekoäly-ymmärryksen avulla tiedostetaan, millaisia asioita tekoäly mahdollistaa ja tunnistetaan tekoälyn rooli toiminnan tukena ihmisen verifioidessa tekoälysovellusten tulosten oikeellisuuden.

Tekoälyn käyttöönotossa muutoksenhallinnan rooli on korostunut vanhemman HSE-insinöörin ja teknisten päälliköiden esimiehen näkökulmasta. Muutoksenhallinnassa onnistutaan silloin, kun yksittäiset jalostamoympäristössä toimivat työntekijät pystyvät sitoutumaan tekoälysovellusten käyttöönottoon. Vanhemman HSE-insinöörin mukaan yksittäisten työntekijöiden hyväksyntä vaikuttaa siihen, *“miten mikä tahansa asia (muutos) meillä menee läp”* eli saadaan lopulta osaksi käytännön toimintaa. Muutoksenhallinta tarkoittaa käytännössä riittävää koulutusta, perehdytystä, tekoälyn hyötyjen korostamista ja huolellisesti mietittyä käyttöönotto- sekä pilotointi-suunnitelmaa. Vanhempi HSE-insinööri kuvaili onnistunutta muutoksenhallintaa siten, että uusien hankkeiden yhteydessä kokonaisuus on hallinnassa yksityiskohtaisella tasolla asti.

Tekoälyn käyttöönotto edellyttää riittäviä resursseja tekoälyn mahdollisuuksien tarkemmaksi kartoittamiseksi ja yksittäisten sovellusten käyttöönottamiseksi paikallisen HSE:n ja konserni-HSE:n näkökulmasta. HSE-päällikkö kuvaili, että käyttöönoton alussa korostuvat aikaan liittyvät resurssit kartoitusten tekemiseksi, mutta myöhemmin rahalliset resurssit käyttöönottoa tukevan henkilöstön varmistamiseksi. Vastaavasti kyseiset käyttäjäryhmät painottivat, että tekoälyn käyttöönotto edellyttää tekoälysovellusten omistajuudesta vastaavan tahon määrittämistä, oli se sitten HSSEQ-yksikkö tai tuotanto. Tämä taho on vastuullinen tekoälysovellusten kehittämisestä ja siinä sovellusten käyttäjien osallistamisesta sekä sovellusten ylläpidosta. Konserni-HSSEQ:n johtajan mukaan tämän tahon määrittämisen jälkeen on varmistettava riittävä analytiikka- ja tekoälyosaaminen sovellusten toteutusta varten. Tällaista osaamista ei kuitenkaan organisaatiossa tällä hetkellä ole, mikä muodostaa haasteen tekoälyn käyttöönotolle.

Konserni-HSSEQ:n johtaja kuvaili, että tekoälyn käyttöönotto edellyttäisi yksittäisten yksinkertaisempien sovelluksen pilotointia löytämällä muutama *“low hanging fruit”* -tapaus sovellusten joukosta. Näiden tapausten tunnistaminen edellyttää kuitenkin tarkempaa selvitystä tekoälylle soveltuvista organisaation dataresursseista. Operational Excellence-johtaja oli erityisesti huolissaan nykyisen datan eheydestä sekä infrastruktuurista, koska tällä hetkellä dataa on vaikeasti hyödynnettävässä muodossa. Toisaalta vaikka data olisi puutteellista ja hajanaista joissain

yhteyksissä, se ei konserni-HSSEQ:n johtajan mukaan estä vielä toisenlaisiin dataresursseihin pohjautuvien tekoälysovellusten hyödyntämistä.

Tunnistetuista haasteista huolimatta kaikki haastateltavat olivat sitä mieltä, että organisaation valmius hyödyntää tekoälyä on hyvä. Tekoälyn käyttöönottamiseksi on tunnistettava kaikista hyödyllisimmät ja selkeimmin rajatut sovellukset ja kerrytettävä kokemusta niiden kautta. Erityisesti Nesteen toimintaan ja turvallisuusjohtamiseen liittyvä jatkuvan parantamisen toimintamalli lisää projekti-HSE:n edustajan näkökulmasta organisaation valmiuksia tekoälyn käyttöönottamiseksi. Vastaavasti konserni-HSSEQ:n johtajan mukaan puolestaan nykyisten dataresurssien soveltuvuus tekoälylle merkittävästi laskee tekoälyn käyttöönoton valmiuksia, jos tietynlaisen tekoälysovelluksen hyödyntämää dataa ei ole tällä hetkellä olemassa.



## 7. TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimuksen tuloksia voidaan tarkastella työn kappaleissa 2-4 esitellyn teoriakatsauksen valossa tarkoituksena vastata tutkimuksen neljään eri tutkimuskysymykseen. Tutkimuksen tuloksia käsitellään siten, että kappaleissa 7.1.-7.2. tarkastellaan tutkimuksen ensimmäisen osion tutkimuskysymyksiä ja kappaleissa 7.3.-7.4. toisen osion tutkimuskysymyksiä.

### 7.1 Työturvallisuuden kehityskohteet riskien arvioinnin näkökulmasta

Tutkimuksen ensimmäinen tutkimuskysymys oli seuraava: *Millaisia työturvallisuuden kehityskohteita tunnistetaan tarkasteltavassa organisaatiossa riskien arvioinnin näkökulmasta?* Tässä työssä kappaleessa 3 tarkasteltiin kirjallisuuskatsauksessa riskien arvioinnin eri vaiheiden sisältöä ja työturvallisuuden kehittämistä riskien arvioinnin näkökulmasta, johon pohjautuen tarkastellaan tutkimuksessa saavutettuja tuloksia tutkimuskysymykseen vastaamiseksi.

Mikäli tarkastellaan yksittäisiä tutkimuksessa tunnistettuja työturvallisuuden kehityskohteita, mukailevat ne laajalti kirjallisuudessa kuvailtuja työturvallisuuden kehittämisen tavoitteita ja haasteita riskien arvioinnin näkökulmasta. Työturvallisuuden nykytilanteen ymmärryksen kehittäminen organisaation nykyistä dataa hyödyntäen kuvastaa Levesonin (2011) kuvailemaa retrospektiivistä riskianalyysia, jolloin turvallisuutta analysoidaan toteutuneiden riskien eli tapaturmien ja läheltä piti -tilanteiden kautta. Vaikka Leveson (2011) ja Mitropoulos, Abdelhamid et al. (2005) painottavat proaktiivisen riskianalyysin merkittävyyttä, on työturvallisuuden kehittämiseksi pystyttävä ensin luomaan selkeämpi ja kattavampi kuva turvallisuuden nykytilanteesta, jotta ymmärretään organisaatiolle tuttuja riskejä paremmin ennen kuin riskianalyysia voidaan kehittää ennakoivammaksi. Useampi haastateltava toikin esille, että erityisesti läheltä piti -tilanteiden syvällisempi analysointi mahdollistaisi ennakoivien työturvallisuusmittarien kehittämisen. Työturvallisuuden kehitys onkin tehokkainta hyödyntämällä niin retrospektiivistä kuin proaktiivista riskien arviointia.

Työympäristön kokonaisriskitason ymmärryksen kehittäminen kuvastaa systeemitason riskien arviointia korostamalla turvallisuuden riippuvan työympäristössä ihmisten, erilaisten töiden ja tuotantoprosessin välisistä vuorovaikutuksista. Tällöin turvallisuutta hallitaan näitä yksittäisiä tekijöitä yhteensovittaessa työympäristössä esimerkiksi työluvan myöntämisen yhteydessä. Kuten Leveson (2011) kuvailee, yksittäiset osat tässä työympäristön muodostamassa kokonaisuudessa saattavat toimia luotettavalla tavalla, mutta se ei vielä tarkoita sosioteknisen systeemin kokonaisuuden olevan turvallinen. Tällä hetkellä jalostamoympäristössä tämän kokonaisuuden turvallisuustasoa ei ole systemaattisesti seurattu ja hallittu vaan se on jäänyt enemmän yksittäisten työntekijöiden asiantuntemuksen varaan, jolloin organisaatiolla on tarvetta lisätä

näkyvyyttä ihmisten ja teknisten järjestelmien väliseen vuorovaikutukseen vaaratilanteiden muodostumisessa.

Haastatteluissa mainitut työturvallisuuden kehityskohteet riskien arvioinnin eheyden ja laadun kehittämisestä, tiedonkulun varmistamisesta työn suorittamisen aikana sekä työntekijöiden riskitietoisuuden ja riskien tunnistamiskyvyn kehittämisestä tuovat työturvallisuuden kehittämisen yksittäisten työntekijöiden tasolle. Näistä tiedonkulun varmistaminen työn suorittamisen aikana on hyvin yleisluontoinen ja jalostamoympäristön ominaispiirteisiin perustuva työturvallisuuden kehityskohde riskien arvioinnin näkökulmasta. Laitinen, Vuorinen et al. (2013, s. 77) mukaan turvalliseen työskentelyyn vaikuttavien tiedon käsittelyyn ja päätöksentekoon vaikuttaviin inhimillisiin tekijöihin voidaan vaikuttaa varmistamalla, että työntekijöillä on riittävä tieto työskentelyyn liittyvistä vaaroista. Toisaalta tiedonkulun varmistamisen kuvauksen perusteella kehityskohteessa korostui tarve reagointinopeuden kehittämisestä erilaisiin turvallisuuspuutteisiin. Tällöin tiedonkulun varmistaminen voidaan nähdä edustavan Woods & Hollnagelin (2006, s. 350) kuvailemaa resilientin organisaation jatkuvaa tiedon päivittämisen tarvetta organisaation reagointikyvyn varmistamiseksi.

Haastatteluissa todettiin riskien arvioinnin laatuun ja eheyteen pystyttävän vaikuttamaan työlupekäytännön kautta. Työlupakäytäntö työkokonaisuutena mukailee Rasmussenin (1997) esittelemää työntekijöiden työssä suoriutumisen mahdollisuuksien ”tilassa” toimimista. Työlupakäytännössä esiintyy työntekijöiden taipumusta vähäiseen vaivannäköön erityisesti turvallisten työtapojen suunnittelussa sekä painetta tehokkuudesta työmailla työskentelyajan lisäämiseksi, jolloin lähestytään työssä suoriutumisen vaara-aluetta. Tämä näkyy käytännössä riskien arvioinnin vaihtelevassa laadussa riippuen siitä, missä kohtaa jokaisen yksilön tiedostettu toiminnallisesti hyväksyttävän suoriutumisen raja kulkee. Riskien arvioinnin eheyttä ja laatua kehittämällä vaikutus olisi vastakkainen varmistamalla erilaisin keinoin riittävä tietoisuus ja ymmärrys työtehtävään ja -kohteeseen liittyvistä riskeistä, jolloin vahvistetaan jokaisen yksilön tiedostettua hyväksyttävän suoriutumisen rajaa. Tähän perustuen organisaation on ymmärrettävä, miten tähän työtehtävään ja -kohteeseen liittyvään riskitietoisuuteen voidaan vaikuttaa ymmärtämällä työntekijöiden turvalliseen työskentelyyn vaikuttavia tekijöitä kirjallisuuskatsauksen mukaisesti.

Haastatteluissa tunnistettuja työturvallisuuteen vaikuttavia työntekijöiden piirteitä olivat työntekijöiden ymmärrys, motivaatio ja osaaminen, joihin vaikuttavat työntekijälle aikaisemmin sattuneet vaaratilanteet sekä tilannesidonnaisen pätevyyden varmistaminen. Nämä työntekijöiden piirteet mukailevat kirjallisuuskatsauksen kuvailua työturvallisuusriskien arvioinnin subjektiivisesta luonteesta, johon vaikuttavat Levesonin (2015) kuvailemat erilaiset tiedon käsittelyyn ja päätöksentekoon liittyvät vinoumat. Tähän subjektiiviseen riskien arviointiin vaikuttavat työntekijöiden yksilölliset tekijät (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 74), joita haastateltavien kuvailemat työntekijöiden piirteet edustavat. Tähän perustuen työntekijöiden ymmärrys, motivaatio ja osaaminen voivat siis vaikuttaa yksittäisten työntekijöiden kokemaan riskin suuruuteen sekä riskitoleranssiin subjektiivisessa riskien arvioinnissa.

Tulosten perusteella jalostamoympäristössä työturvallisuuden kehittämisen tavoitteeksi tunnistettiin ennakoiva turvallisuustoiminta, joka jakautui viiteen yksityiskohtaisempaan kehityskohteeseen. Näiden kehityskohteiden kuvailujen perusteella korostui tarve lisätä jalostamoympäristössä reagoitinopeutta erilaisiin turvallisuuspoikkeamiin, ennakoida riskejä, hyödyntää aikaisempaa kokemusta riskien arvioinnista ja tapahtuneista poikkeamista tehokkaammin hyödyksi sekä parantaa kykyä tarkkailla vaaroja työympäristössä. Tämän perusteella tarkasteltavan organisaation työturvallisuuden kehittämistarpeisiin vaikuttamalla tuetaan Hollnagelin (2011, s. 279) määrittelemien resilientin organisaation kyvykkyyksien saavuttamista. Tämän perusteella organisaatiossa työturvallisuuden kehittämisen tavoite, ennakoiva ja joustava turvallisuustoiminta, on todellisuudessa laajempi kuin haastatteluiden perusteella tunnistettiin.

## 7.2 Tekoälyn hyödyntämismahdollisuudet riskien arvioinnissa

Tutkimuksen toinen tutkimuskysymys oli seuraava: *Miten tekoäly ja eri tekoälyteknologiat soveltuvat riskien arviointiin tunnistetuissa työturvallisuuden kehityskohteissa?* Tämän työn teoriaosuudessa kappaleessa 2 kartoitettiin, millaisia erilaisia teknologioita tekoälyn liittyy ja kappaleessa 3 työturvallisuusriskien arvioinnin vaiheita ja siihen liittyviä piirteitä. Tämän perusteella kappaleessa 4 tarkasteltiin kirjallisuuskatsauksessa, miten eri tekoälyteknologioita on hyödynnetty riskien arvioinnissa. Tähän teoreettiseen taustaan pohjautuen tarkastellaan tutkimuksen tuloksia kyseiseen tutkimuskysymykseen vastaamiseksi.

Tulosten perusteella kaikki tekoälyteknologiat soveltuivat robotiikkaa lukuun ottamatta riskien arvioinnin tehtäviin mukaillen kirjallisuuskatsauksessa tunnistettuja erilaisten tekoälyteknologioiden soveltamismahdollisuuksia. Koneoppimisen soveltuminen riskien arvioinnin tehtäviin kuitenkin vaihteli käyttökohteeseen liittyvien dataresurssien saatavuudesta riippuen. Koneoppimisen rooli ja erityisesti syväoppivien algoritmien soveltuvuus oli ilmeisempi sovellusten 1 ja 5 kaltaisissa käyttökohteissa, joihin liittyy paljon kuva- tai tekstidataa. Vaikka syväoppimisen tekniikoilla on kehitetty uusimpien tekoälyratkaisujen suorituskykyä, koneoppimisen soveltamiseen yleisesti liittyy haasteita. Koneoppimisessa hyödynnetään tyypillisesti ohjattua oppimista, joka edellyttää suurta määrää dataa ja siihen perustuvan opetusdatan muodostamista, mihin kuluu aikaa (Chui, Manyika et al. 2018). Joissakin tutkimuksissa tunnistetuissa tekoälyn käyttökohteissa, kuten sovelluksissa 8 ja 9, ei tällaista dataa ole riittävien opetus esimerkkien muodostamiseksi, mikä rajoitti koneoppimisen soveltumista.

Toisaalta koneoppimisen tekniikoiden ja organisaation digitalisaatioasteen kehittyessä voi kuitenkin koneoppimiselle muodostua uusia mahdollisuuksia tulevaisuudessa myös näissä käyttökohteissa. Chui, Manyika et al. (2018) mukaan esimerkiksi ”kerrasta oppimista” (*one-shot learning*) hyödyntävä koneoppimisalgoritmi kykenee oppimaan tietynlaisen tehtävän pienestä määrästä tai jopa yhdestä tehtävän suorittamista kuvaavasta esimerkistä. Myös vahvistusoppiminen mahdollistaa algoritmien oppimisen seuraamalla ihmistä tietynlaista tehtävää suorittaessa (Agrawal, Kirkland 2018). Tällöin esimerkiksi sovelluksen 8 osalta tekoäly voisi oppia työn-

tekijöiden tekemistä valinnoista töiden yhteensovittelussa, mikäli töiden yhteensovittaminen perustuisi tietojärjestelmän hyödyntämiseen.

Koneoppimisen soveltumisen rajoitteita ymmärretään paremmin, mikäli tarkastellaan myös riskien arvioinnin tehtävien luonnetta jalostamoympäristössä. Hume (2017) esittelee koneoppimiselle soveltuvan työtehtävät, jotka toistuvat säännöllisesti, niiden toteutus on itsenäistä ja suhteellisen nopeaa sekä tehtävän luonteeseen liittyy asioiden ennustamista tai luokittelua johdonmukaisella tavalla. Haastatteluiden perusteella riskin arvioinnin tehtävät ovat luonteeltaan erilaisten asioiden luokittelua, niihin liittyy tarvetta asioiden ennustamiseen turvallisten työskentelyolosuhteiden varmistamiseksi ja ne toistuvat säännöllisesti, moni jopa päivittäin. Tästä huolimatta tehtävien suorittaminen vie aikaa, edellyttää laajaa asiantuntemusta ja eri osapuolien osallistumista, mikä rajoittaa tekoälyn soveltuvuutta riskien arvioinnin tehtäviin.

Agrawal & Kirklandin (2018) mukaan tekoälyn soveltamisen tarkastelua voidaan lähestyä jakamalla työprosesseja pienempiin tehtäviin, joista tunnistetaan tarpeita erilaisten asioiden ennustamiselle. Myös Chui, Manyika et al. (2018) kuvailee, että tekoälyn käyttökohteet koostuvat tyypillisesti usemmasta oppimisongelmasta, jolloin tekoälyn käyttökohte jakautuu useampiin pienempiin koneoppimiselle soveltuviin tehtäviin. Tällöin monimutkaisten prosessien yhteydessä koneoppimisella voidaan tukea työntekijöiden päätöksentekoa muodostamalla prosessia tukevia tuloksia näissä pienemmissä prosessin osakokonaisuuksissa (Hodson 2016). Tällä logiikalla jalostamoympäristöön liittyviä riskien arvioinnin tehtäviä pystyttiin jakamaan pienemmiksi kokonaisuuksiksi, kuten sovellukset 2 ja 3, jotta tekoälyn soveltuvuutta voitiin arvioida yksityiskohtaisemmalla tasolla.

Tekoälyn soveltuvuutta riskien arviointiin voidaan tarkastella Ailisto, Heikkilä et al. (2018, s. 39-43) määrittelemien tekoälyteknologioiden ominaisuuksien kautta, jotka ovat autonomisuuden aste, oppivuus ja suorituskkyky ihmiseen verrattuna. Tutkimuksen tulosten perusteella riskien arviointiin liittyviä tehtäviä ei pystytä tai edes haluta täysin automatisoida, vaikka teknologiat kehittyisivätkin pidemmälle. Tämän perusteella tekoälysovellus soveltuu riskien arvioinnin tehtäviin, mikäli tekoälyn autonomisuuden taso on suhteellisen alhainen ja siten ihmisen rooli päätöksenteossa säilyy vahvana. Toisaalta tällä hetkellä tekoälyn perustuvat järjestelmät eivät vielä kykene itsenäiseen päätöksentekoon eli korkean autonomisuuden tasolle (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 41-42). Haastateltavien kuvausten mukaan tekoälyn soveltamiselta odotetaan Ailisto, Heikkilä et al. (2018, s. 41-42) määrittelemien tekoälyn autonomisuuden tasojen mukaan korkeintaan lisätyn älykkyyden tasoa, jolloin tekoäly auttaa riskien arvioinnin tehtävissä tukemalla riskeihin liittyvää päätöksentekoa.

Koneoppimisen soveltamiseen liittyvien rajoitteiden vuoksi tuloksissa korostui sääntöperusteisen päättelyn hyödyntäminen. Ailisto, Heikkilä et al. (2018, s. 9) kuvailee, että mallipohjaiset tekoälyn menetelmät, kuten asiantuntijajärjestelmät, soveltuvat käyttökohteisiin, joissa tekoälyn opettamiseen saatavilla olevaa dataa on vähän tai tilannetta hahmotetaan erilaisten sääntöjen perusteella. Turvallisuuden hallinta onkin vahvasti erilaisten sääntöjen hyödyntämistä tarkkoihin ohjeistuksiin ja periaatteisiin perustuen, joka näkyi haastateltavien tekoälyn soveltuvuuden arvioin-

nissa. Kun tietyn tehtävän kuvaaminen sääntöjen avulla muodostuu kuitenkin liian hankalaksi tai sen luonne muuttuu jatkuvasti, koneoppimisen hyödyntäminen on tehokkaampaa sääntöperusteisiin menetelmiin verrattuna (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 14). Sääntöperusteiset asiantuntijajärjestelmät edustavat Ailisto, Heikkilä et al. (2018, s. 54) kuvailun mukaisesti symbolisen tekoälyn koulukuntaa, jolloin järjestelmät eivät kykene oppimaan ja siten kehittämään suorituskykyään tietyn tehtävän suorittamisessa. Näiden tulosten perusteella tekoälyn ei tarvitse olla oppimiseen kykeneväinen soveltuakseen työturvallisuusriskien arvioinnin tehtäviin.

Tekoälysovellusten suorituskyky riskien arvioinnin tehtävissä on oltava hyvä jalostamon kaltaisessa turvallisuuskriittisessä työympäristössä. Suorituskyvyn osalta tekoälylle kohdistuu erityisesti joidenkin tunnistettujen tekoälysovelluksien toiminnallisuuden perusteella korkeita odotuksia erilaisten tekijöiden välisten yhteyksien tunnistamisesta turvallisuuteen liittyvien riskien ymmärtämiseksi ja ennakoimiseksi, kuten sovelluksessa 9. Toisaalta koneoppimisen on tunnistettu soveltuvan erityisesti tämän kaltaisten ongelmien ratkaisuun, joka ei noudata selkeitä sääntöjä tai yksinkertaisia ja lineaarisia kaavoja dataan perustuen (Hodson 2016). Tällä hetkellä kuitenkin tekoälyn tunnustetaan saavuttavan ihmiseen verrattuna hyvän suorituskyvyn vasta tietynlaisten kapea-alaisten tehtävien suorittamisessa (Ailisto, Heikkilä et al. 2018, s. 40). Davenport & Ronanki (2018) mukaan tekoälyteknologioiden on koettukin joissain yhteyksissä olevan ”yli-myytyjä” markkinoilla niiden soveltamiseen liittyvien rajoitteiden näkökulmasta.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella riskien arviointia voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen, joita tutkimuksessa tunnistetut tekoälysovellukset tukevat eri tavoin niiden toiminnallisuuden perusteella. Tekoälysovellusten roolia riskien arvioinnin eri vaiheissa kuvataan taulukossa 11.

**Taulukko 11.** Työturvallisuusriskien arvioinnin vaiheiden tukeminen tekoälysovelluksilla

<b>Tekoälysovellus työturvallisuusriskien arvioinnissa</b>	<b>Riskien tunnistus</b>	<b>Riskien suuruuden määrittäminen</b>	<b>Riskien merkittävyyden arviointi</b>
1: Tapaturmien ja läheltä piti -tilanteiden analysoiminen	x	x	
2: Riskien ennakoiminen tietynlaiseen työtehtävään liittyen	x		
3: Riskien mitigointikeinojen ehdottaminen tietynlaiseen työtehtävään liittyen			x
4: Työskentelyyn vaikuttavien ympäristön olosuhteiden ennakoiminen	x		
5: Työympäristön seuraaminen ja vaaratilanteiden tunnistaminen kameroilla	x	x	
6: Tekstin tai puheen kääntäminen toiselle kielelle aloituslupaa myöntäessä	x		
7: Turvallisuushavaintojen raportointi puheen tunnistusohjelmalla	x		
8: Töiden yhteensovittelun ja aikatauluttamisen optimoiminen turvallisuuden varmistamiseksi	x	x	x
9: Työympäristön kokonaisriskitason kuvaaminen	x	x	x
10: Häätätilanteessa jalostamoalueen tehokkaan tyhjentämisen tukeminen	x	x	x

Kuten taulukosta 11 huomataan, tutkimuksessa tunnistetut tekoälysovellukset tukevat parhaiten vaarojen tunnistamista. Laitinen, Vuorinen et al. (2013, s. 74-75) mukaan riskien tunnistaminen aistihavaintojen perusteella on rajoittunutta ja yksilöllistä riippuen ihmisten kyvystä käsitellä erilaista tietoa. Tämän kuvauksen perusteella riskejä tunnistetaan ja raportoidaan suoraan työympäristöstä, jota tukee esimerkiksi tekoälysovellukset 5, 7 ja 9. Tulosten perusteella tekoälysovellukset voivat kuitenkin tukea vaarojen tunnistamista muillakin tavoilla niiden toiminnallisuudesta riippuen. Sovellukset voivat tehostaa työskentelyyn liittyvien kokemusten keräämistä, kuten sovellukset 1 ja 2, tai varmistaa työntekijöiden riskitietoisuutta, kuten sovellukset 6 ja 8.

Taulukon 11 perusteella asiantuntijajärjestelmäsovelluksilla pystytään tukemaan riskien arvioinnin eri vaiheita laajemmin kuin muilla tekoälyteknologioilla, sillä asiantuntijajärjestelmät näkyvät myös riskien merkittävyyden arviointiin liittyvässä vaiheessa. Toisaalta yleisesti tutkimuksessa tunnistetut tekoälysovellukset kykenevät tukemaan rajoitetusti riskien merkittävyydestä päättämiseen liittyvää vaihetta, koska Hansson & Avenin (2014) mukaan kyseisessä vaiheessa korostuu arvopohjainen arviointi riskien hyväksyttävyydestä. Tämä oli kuitenkin odotettavissa, sillä kuten kappaleessa 4.1 asiantuntijajärjestelmien yhteydessä mainittiin, riskien merkittävyydestä päättäminen jää tyypillisesti ihmisen vastuulle.

### 7.3 Tekoälysovellusten hyödyllisyys eri käyttäjäryhmien näkökulmasta

Tutkimuksen kolmas tutkimuskysymys oli seuraava: *Kuinka hyödylliseksi työturvallisuusriskien arviointiin soveltuvien tekoälysovellusten käyttöönotto koetaan eri turvallisuusjohtamisen käyttäjäryhmien näkökulmasta?* Aikaisempi tekoälyyn liittyvä kirjallisuus kuvailee vähän tekoälysovellusten käyttäjien kokemia hyötyjä sekä hyödyllisyyden arviointia. Tähän tutkimuskysymykseen vastaamiseksi pohjaudutaan kappaleen 4 kirjallisuuskatsaukseen eri tekoälyteknologioiden hyödyntämisestä riskien arvioinnin tehtävissä, IT-innovaatioiden koetun hyödyllisyyden mittaamisesta ja tekoälyn käyttöönoton alkuvaiheista.

Chui & Malhotran (2018) tekemässä kartoituksessa ainoastaan yksi prosentti tekoälyä käyttöönettaneiden yritysten edustajista koki, että tekoälyn käyttö ei ole tuonut arvoa tietystä liiketoiminnossa. Myös tässä tutkimuksessa tekoälyn käyttöönotto työturvallisuuden riskien arvioinnissa tekoälysovellusten arvioiden perusteella koettiin pääasiallisesti hyödylliseksi käyttäjäryhmästä riippumatta. Kirjallisuuskatsauksen perusteella on selvää, että tekoälysovelluksiin liittyy hyöty työskentelyn nopeuttamista tai tehostamisesta, joka havaittiin myös tässä tutkimuksessa tekoälysovellusten keskeisimpien hyötyjen perusteella. IT-innovaatioiden käyttöönoton näkökulmasta työskentelyn tehostamiseen liittyvät hyödyt ovatkin tyypillisiä niiden hyödyllisyyden mittaamisessa (Agarwal, Prasad 1999, Dishaw, Strong 1999, Agarwal, Prasad 1997, Moore, Benbasat 1991).

Kirjallisuuskatsauksessa kuvailtiin työturvallisuuden tapaturmien ehkäisemisen olleen perinteisesti reaktiivista tapaturmiin vaikuttavien inhimillisillä tekijöiden tyypillisyyden vuoksi. Työturvallisuuden kehittämisen haasteena onkin ollut näiden inhimillisten tekijöiden hallitseminen eri kei-

noin. Tekoälysovellusten keskeisimpien hyötyjen perusteella tekoälyllä olisi kuitenkin mahdollista vaikuttaa näihin inhimillisiin tekijöihin tehostamalla kokemuksista oppimista, mutta toisaalta luomalla erilaisia turvallista työskentelyä tukevia suoja mekanismeja. Tähän viitaten HSEQ-päällikkö mainitsi tekoälysovelluksilla olevan mahdollisuus ehkäistä tai ymmärtää paremmin vaaratilanteiden muodostumista. Tällöin tekoäly voi toimia työympäristössä vaaratilanteita ehkäisevänä suoja mekanismina. Hollnagel (2008) jakaa näitä erilaisia suojaavia estejärjestelmiä fyysisiin, toiminnallisiin, symbolisiin ja aineellisiin esteisiin. Näiden estejärjestelmien kuvausten perusteella tekoälysovellukset voivat toimia toiminnallisina tai symbolisina esteinä sovelluksesta riippuen, koska niiden toiminta edellyttää ihmisen osallistumista ja tulkintaa työskentelyyn liittyvien päätösten tekemiseksi. Erityisesti toiminnallisia estejärjestelmiä kuvastavat tekoälysovellukset, jotka vaikuttavat riskien arvioinnin systematiikan ja laadun kehittämiseen sekä työtehtävään ja -kohteeseen liittyvän riskitietoisuuden varmistamiseen.

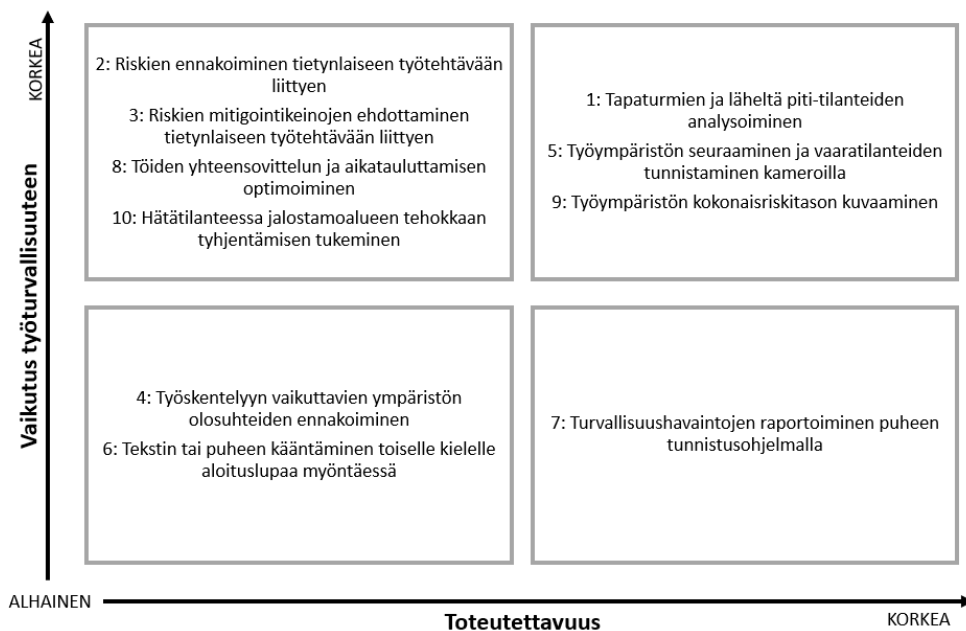
Kirjallisuuskatsauksen perusteella organisaation resilienssin tukeminen edellyttää jatkuvaa tiedon päivittämistä työntekijöiden ja työympäristön vuorovaikutuksen olosuhteista. Tätä tietoa kehittää Woods & Hollnagelin (2006, s. 3, 6) mukaan ymmärtämällä turvallisuuden nykytilaa vielä tapahtumattomien vaaratilanteiden kautta. Vielä tapahtumattomien vaaratilanteiden tarkastelu edellyttää, että työympäristön toiminnasta saadaan reaaliaikaista tilannetietoa sekä näkemystä turvallisuuskäyttäytymisestä pidemmältä ajalta. Tämä tarkoittaa käytännössä siis myös organisaation turvallisuuskulttuurin tarkastelua, jonka Leveson (2015) mainitsee vaikuttavan tyypillinen turvallisuuspoikkeamien taustalla. Tutkimuksessa tunnistettujen tekoälysovellusten keskeisimpien hyötyjen perusteella tekoälyllä voidaan siis syventää ymmärrystä turvallisuuskulttuurin nykytilanteesta ja mahdollisesti ennakoida vaaratilanteita, jotka eivät näy vielä poikkeamraportoinnissa.

Kirjallisuuskatsauksessa esiteltiin Rasmussenin (1997) työntekijöiden turvallisuuskäyttäytymistä kuvaava työssä suoriutumisen ”tila”, jonka perusteella organisaation on tuettava turvallista käyttäytymistä muodostamalla selkeitä ja hyvin viestittyjä työn suorittamiselle asetettuja tavoitteita ja kehittämällä työntekijöiden osaamista näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. Tällöin organisaation on otettava vastuuta työntekijöiden ohjaamisesta ja tukemista riskien arvioinnissa, jolloin työturvallisuuden kokonaisuuden hallinta ei jää yksittäisten työntekijöiden varaan. Tekoälysovellusten keskeisimpien hyötyjen perusteella tekoälyllä voidaan kasvattaa organisaation tukea työluvan myöntämisen kaltaisissa tilanteissa tuomalla tiedostetun toiminnallisesti hyväksyttävän rajaa keskemälle, joka pienentää työntekijöiden työssä suoriutumisen ”tilaa”. Haastatteluissa vanhempi HSE-insinööri kuvaili, että tekoälysovellusten kaltaisilla tietoteknisillä ratkaisuilla työntekijöillä voisi olla mahdollisuus keskittyä olennaisempiin asioihin riskien arvioinnissa yhdessä keskustellen. Tällöin tekoälyn hyödyntämisellä luodaan edellytyksiä riskien arvioinnin osaamisen kehittämiseksi organisaation toimesta.

Toisaalta kaikista hyödyllisimmiksi arvioidut tekoälysovellukset eivät ole välttämättä ne sovellukset, joista tekoälyn käyttöönotto riskien arvioinnissa kannattaa aloittaa. Davenport & Ronanki (2018) kannustavat yrityksiä hyödyntämään inkrementaalista lähestymistapaa tekoälyn käyttöön-

ottoon, jolloin organisaation tekoälykyvykkyysä kehitetään organisaatiossa vähitellen. Tällöin tutkimuksessa tunnistettuja tekoälysovelluksia on pystyttävä priorisoimaan jollain tavalla. Tekoälyn käyttökohteita voidaan tarkastella sen perusteella, ovatko ne hyödyllisiä lyhyellä vai pitkällä tähtäimellä arvioimalla käyttökohteisiin liittyvien hyötyjen ja toteutuksen haasteellisuuden suhdetta (Davenport, Ronanki 2018). Haastateltavien tekoälysovellusten hyödyllisyysarvioiden perusteella hyödyllisyyden arviointiin vaikuttivat hyötyjen laajuuden lisäksi sovellusten tunnistetut käyttöönoton haasteet. IT-innovaatioiden hyötyjen ja haittojen suhteen arviointi on myös kirjallisuudessa tunnistettu lähestymistapa hyödyllisyyden mittamiseen (Taylor, S., Todd 1995, Moore, Benbasat 1991). Tämän tutkimusten tulosten perusteella haastateltavat kuitenkin tunnistivat näitä sovellusten käyttöönoton haasteita eri tavoin.

Tekoälysovellusten hyötyjen ja haittojen suhteen arviointi perustui haastateltavien tunnistamien tekoälysovellusten koettuun hyödyllisyyteen vaikuttaneisiin tekijöihin. Haastateltavat kokivat, että tekoälysovellukset ovat hyödyllisempiä, kun ne tukevat ihmisten työskentelyä riskien arvioinnissa ja vaikuttavat työturvallisuuteen käytännössä organisaation tarpeiden mukaisesti. Näistä tekijöistä tekoälysovellusten tarjoama tuki ihmisen työskentelylle riskien arvioinnissa ja vaikutus työturvallisuuteen käytännössä tulkitaan edustavan tekoälysovellusten vaikutuksia yksittäisten työntekijöiden tukemiseen turvallisen työskentelyn varmistamiseksi. Toisaalta koettuun hyödyllisyyteen vaikuttaneet tekijät datan saatavuudesta ja laadusta sekä tekoälysovellusten toteutuksesta edustavat myös laajemmin yhtenä tekijänä tekoälysovellusten toteutettavuutta nykyiset dataresurssit huomioiden. Tämän perusteella tekoälysovelluksia voidaan jakaa niiden vaikutuksen ja toteutettavuuden perusteella mukailen Fleming, Fountaine et al. (2019) esittelemää lähestymistapaa analytiikan käyttökohteiden järjestykseen asettamisesta. Tutkijan näkemys tekoälysovellusten käyttöönoton priorisoinnista sovellusten tarkempia teknisiä yksityiskohtia tuntematta esitellään kuvassa 13.



**Kuva 13.** Tekoälysovellusten jaottelu niiden turvallisuusvaikutuksen ja toteutettavuuden perusteella



Tekoälyn käyttöönoton alkuvaiheessa tavoitteena on erityisesti tunnistaa tekoälyn käyttökohteita, jotka tehostavat nykyisiä liiketoiminnan prosesseja ja tekoälyn suorituskyky niissä on pystytty osoittamaan (Davenport, Ronanki 2018, Bughin, Hazan et al. 2017). Tekoälysovellusten hyödyllisyysarvioiden ja niiden taustalla vaikuttaneiden tekijöiden perusteella erityisesti sovellukset 1 ja 5 edustavat tutkijan arvion mukaan tällaisia käyttökohteita, joissa dataresursseja on saatavilla, ne eivät muodosta merkittäviä muutoksia nykyisiin prosesseihin ja niiden vaikutus työturvallisuuden kehittämiseksi on korkea. Nämä sovellukset muodostavat myös edellytyksiä muiden tekoälysovellusten käyttöönotolle tulevaisuudessa hyödyllisyysarvioiden perusteella.

## 7.4 Tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavat organisaatiotason tekijät ja käyttöönoton haasteet

Tutkimuksen neljäs tutkimuskysymys oli seuraava: *Millaiset organisaatiotason tekijät vaikuttavat tekoälyn käyttöönottoon ja asettavat haasteita tekoälyn käyttöönotolle työturvallisuusriskien arvioinnissa?* Tähän tutkimuskysymykseen vastaamiseksi tässä tutkimuksessa muodostettiin Hameed, Counsell et al. (2012) mukaillen tekoälysovellusten käyttöönottoprosessia kuvaava malli, jonka perusteella määriteltiin erilaisia tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavia organisaatiotason tekijöitä tekoälyyn, organisaatioon, toimintaympäristöön ja johtoportaan liittyen. Työturvallisuusriskien arvioinnissa tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavia organisaatiotason tekijöitä tunnistettiin yhteensä 20, joista kirjallisuudessa tunnistettuja oli 16 ja haastatteluissa erikseen mainittuja neljä. Näitä tekijöitä ja niiden vaikutusta käyttöönottoon kuvaillaan taulukossa 12.

**Taulukko 12.** Tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavat organisaatiotason tekijät työturvallisuusriskien arvioinnissa

Ominaisuus-kategoria	Käyttöönottoon vaikuttava tekijä	Käyttöönottoa tukeva	Käyttöönoton haaste	Edellyttää tarkempaa tarkastelua
Tekoälyn ominaisuudet	Suhteellinen etu	x		
	Yhteensopivuus	x		
	Monimutkaisuus		x	
	Teknologioiden kypsyttömyys		x	
	Kokeiltavuus	x		
Organisaation ominaisuudet	Digitalisaatioaste		x	
	Analytiikka- ja tekoälyosaaminen		x	
	Johtoportaan tuki	x		
	Data, datan käsittely ja data-infrastrukturi		x	x
	IT-asiantuntijuus			x
	Strateginen suunnittelu			x
	Toimiala- ja liiketoiminta-osaaminen	x		
	Avoin organisaatiokulttuuri	x		
	Muutoksenhallinta		x	
	Resurssit		x	
	Tekoälyn omistajuus		x	
	Soveltuva lainsäädäntö			x

Toimintaympäristön ominaisuudet	Toimintaympäristön paine	x
	Benchmarking	x
Johtoportaan ominaisuudet	Suhtautuminen tekoälyyn	x

Tekoälyn monimutkaisuus ja tekoälyteknologioiden kypsymättömyys asettavat haasteita tekoälyn käyttöönotolle työturvallisuusriskien arvioinnissa. Ransbotham, Kiron et al. (2017) mukaan organisaatioissa on huomattu selkeitä eroja tekoälyn ymmärryksessä esimerkiksi tekoälyratkaisujen datavaatimusten osalta. Tämä huomattiin myös tarkasteltavassa organisaatiossa, sillä tekoälyn monimutkaisuuden kokeminen johtuu tekoälyn liittyvän tietoisuuden ja ymmärryksen puutteesta organisaation eri tasoilla. Toisaalta vaikka kirjallisuudessa on korostettu algoritmitasolla tekoälyn toimintalogiikan ymmärrystä (mm. Bughin, Hazan et al. 2017, Chui, Manyika et al. 2018), ei tekoälyn käyttöönotto edellytä laajemmin organisaatiossa tekoälysovellusten taustalla olevien algoritmien yksityiskohtaista tuntemista, kuten konserni-HSSEQ:n johtaja kuvaili. Tekoälyn käyttöönoton aloittamiseksi tarkasteltavassa organisaatiossa on siis lisättävä tekoälyymmärryksen tasoa tekoälysovelluksen käyttöönoton edellytyksien arvioimiseksi käyttöönottoprosessin alullepainovaiheessa. Tätä ymmärrystä voidaan kehittää esimerkiksi projekti-HSE:n edustajan esille tuoman benchmarking-käytännön kautta tarkastelemalla muiden yritysten käyttöönotettavia tekoälyratkaisuja.

Organisaation on määriteltävä huolellisesti, mikä on riittävä tekoälyymmärryksen taso myös sovellusten implementointivaiheessa. Tekoälyn ymmärryksellä sitoutetaan organisaation eri tasoja tekoälysovelluksen käyttöön sekä HSE-päällikön maininnan mukaisesti rakennetaan luottamusta sovellusten toimintaan. Kun tietoisuus tekoälystä kasvaa, ovat monesti ihmiset myönteisimpiä sen käyttöönottoon (Marr 2019). Toisaalta Davenport & Ronanki (2018) painottavat työntekijöiden halua oppia tekoälystä keskeisenä edellytyksenä tekoälyn hyödyntämiseksi, jota voidaan tukea muutoksenhallinnan keinoin. Pitkäjänteinen muutoksenhallinta viestinnän ja koulutuksen keinoin korostuukin tekoälysovellusten implementointivaiheessa. Tällöin avoimen organisaatiokulttuurin voidaan nähdä tukevan tekoälyn käyttöönottoa, mikäli riittävästä muutoksenhallinnasta huolehditaan yksittäisten työntekijöiden tasolla. Muutoksenhallintaan liittyvät haasteet tekoälyn käyttöönotossa saattavatkin olla jopa suurempia kuin tekniset haasteet (Bughin, Hazan et al. 2017).

Ailisto, Heikkilä et al. (2018, s. 42) kuvailee tekoälyn riskien liittyvän enemmän sen käyttökohteseen ja -tapoihin kuin itse tekoälyteknologioihin, ja myös haastateltavat tulkitsivat asiaa vastaavalla tavalla. Teknologioiden kypsymättömyys näkyi myös haastateltavien huolena tekoälyn tulosten validoinnista, jotta varmistutaan tekoälyn ohjaavan työntekijöitä turvalliseen työskentelyyn. Tekoälyn tuottamien tulosten validoinnin kannalta Hume (2017) rohkaisee organisaatioita pohtimaan, millaisia vaikutuksia tekoälyn heikolla tarkkuudella voisi olla tietyn tehtävän suorittamisessa ja sitä kautta määrittää jonkinlainen tarkkuuden raja-arvo tehtävien automatisoinnin kannalta. Tulosten validointiin liittyy myös algoritmien puolueellisuuden mahdollisuus, mutta sen merkitys riippuu myös tekoälyn käyttökohteesta- ja tavasta (Chui, Manyika et al. 2018). Teknologioiden kypsymättömyydestä koettuihin riskeihin vaikutetaan osallistamalla

sovelluksen tulevia käyttäjiä tekoälysovelluksen suunnittelussa ja kehityksessä käyttöönottoprosessin implementointivaiheessa.

Epäilyksiin tekoälyn toimivuudesta voidaan vaikuttaa myös toteuttamalla tekoälypilotteja kokemusten keräämiseksi, joka koettiin tärkeäksi vaiheeksi tekoälysovelluksen käyttöönotossa erityisesti riskien hallitsemiseksi. Davenport & Ronanki (2018) mainitsevat, että tekoälyn nopeaan käyttöönottoon kohdistuvasta ulkoisesta paineesta huolimatta pilotointivaihetta ei ole syytä ohittaa. Kaikista lupaavimpia tekoälysovelluksia pilotoimalla voidaan saavuttaa nopeasti näkemystä siitä, miten ne toimisivat käytännössä ja arvioida niiden vaikutusta liiketoiminnan prosesseihin (Bughin, Hazan et al. 2017, Davenport, Ronanki 2018). Bughin, Hazan et al. (2017) mukaan pilotointi kannattaa aloittaa tekoälyn käyttökohteista, joissa datan saatavuus voidaan varmistaa, määritellä tarkempi tekoälysovelluksen toiminnallisuus, testata sovelluksen toimivuus ja muodostaa johtopäätöksiä tuloksista hyödyntäen pilotoinnissa eri toimintoja edustavia työntekijöitä.

Keskeisimpiä tekoälyn käyttöönoton haasteita organisaation ominaisuuksista on turvallisuuden hallintaan liittyvien tehtävien suhteellisen alhainen digitalisaatioaste. Tekoälyn soveltaminen riippuu paljon organisaation nykyisistä tietojärjestelmistä sekä analyytiikkaosaamisesta riittävän opetusdatan muodostamiseksi (Ransbotham, Kiron et al. 2017). Tällä hetkellä riskien arvioinnin tehtäviin liittyy paljon manuaalista työskentelyä, joka vähentää tekoälylle soveltuvia dataresursseja ja tekoälyn käyttöönoton valmiuksia tarkasteltavassa organisaatiossa. Harrison & O'Neillin (2017) mukaan analyytiikkaratkaisujen kehittäminen edellyttääkin yleisesti liiketoiminnan prosesseissa ensin tietoyntäsoisen automatisaatioasteen saavuttamista.

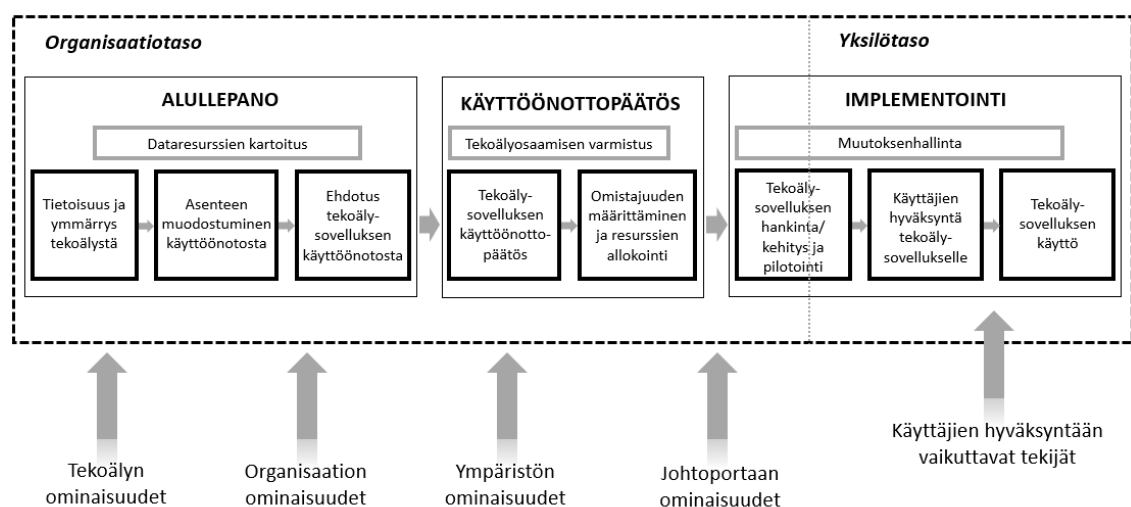
Chui & Malhotran (2018) mukaan tekoälyn käyttöönoton suhteellisen tyypillisiä haasteita ovat teknologiseen infrastruktuuriin, datan saatavuuteen ja sen hyödynnettävyyteen liittyvät puutteet. Myös tarkasteltavassa organisaatiossa dataresurssien nykytilanteeseen liittyy paljon epävarmuutta sen suhteen, millaista ja kuinka paljon dataa tekoälyn käyttöönotto edellyttäisi. Tästä huolimatta keskeisemmäksi haasteeksi osoittautui nykyinen datainfrastruktuuri, jolloin data ei ole helposti hyödynnettävässä muodossa. Tekoälyn käyttöönotto edellyttää datan keräämiseen, integrointiin ja käsittelyyn liittyvien prosessien standardointia datan saatavuuden varmistamiseksi, jota voidaan kehittää osittain digitalisaatiota lisäämällä (Chui, Manyika et al. 2018). Chui & Malhotran (2018) mukaan dataresurssien kehittämiseen kannattaa hyödyntää strategista lähestymistapaa, jonka tunnistetaan tukevan tekoälyn käyttöönottoa pidemmällä tähtäimellä. Toisaalta perehtymällä tarkemmin tekoälyn käyttökohteisiin ja niiden edellyttämään dataan, voidaan määritellä sovelluskohtaisia datan ja teknisen osaamisen tarpeita (Chui, Manyika et al. 2018). Dataresurssien kartoitukseen on siis käytettävä riittävästi aikaa tekoälysovelluksen käyttöönoton alullepainovaiheessa jo ennen käyttöönottoehdotuksen tekoa.

Toisaalta vaikka työturvallisuuden hallinnan tehtävissä olisi korkeampi digitalisaatioaste ja tekoälylle soveltuvia dataresursseja, ei tekoälyn käyttöönottoa varten ole määriteltynä tekoälyn omistavaa tahoa tai varmistettu riittävää analyytiikka- ja tekoälyosaamista. Tekoälyn omistajuuteen on viitattu kirjallisuudessa ylimmältä johdolta saatavan tuen riittävyyteen tekoälyn käyttöönottoon

liittyen (Chui, Malhotra 2018). Tarkasteltavassa organisaatiossa johtoportaan tuen saamista ei kuitenkaan koettu haasteelliseksi vaan tekoälyn omistajuuteen liittyvällä haasteella viitattiin yksittäisten tekoälysovellusten käyttöönoton edistämiseen. Tähän vaikuttaa olennaisesti haastateltavien esille tuoma organisaation resurssien riittävyyden varmistus, joka on Hameed, Counsell. et al. (2012) mukaan tyypillinen organisaation ominaisuuksia kuvaava tekijä IT-innovaatioiden käyttöönoton tarkastelussa. Tekoälysovelluksen vastuullinen taho on määriteltävä käyttöönottoprosessissa käyttöönottopäätösvaiheessa ennen muiden resurssien sitomista, mutta organisaation on myös pohdittava tekoälysovellusten tarkempaan kartoitukseen keskittyviä henkilöitä käyttöönottoprosessin alullepanovaiheessa.

Tekoälyn käyttöönotto edellyttää riittävää analytiikka- ja tekoälyosaamista, jonka määrittelyyn on liitetty haasteita tekoälykokemuksen puutteen vuoksi (Fleming, Fountaine et al. 2019). Tarvittavan osaamisen hankintatavoista huolimatta organisaation on hyvä varmistaa sisäinen osaaminen edes jollain tasolla tekoälyn käyttökohteiden arvioinniksi (Ransbotham, Kiron et al. 2017.) Alkuun analytiikka- ja tekoälyosaamisen organisoinnissa on hyödyllistä keskittää resursseja organisaation sisäisesti pilottien tehokkaaksi hallinnaksi ja arvioida myöhemmässä vaiheessa paikallisten resurssien tarvetta hybridimallin luomiseksi (Davenport, Ronanki 2018). Analytiikka- ja tekoälyosaaminen merkitys on kuitenkin sen verran suuri tekoälyn käyttöönotossa, että sen tarkempia tarpeita on pystyttävä arvioimaan jo sovellusten käyttöönottoa ehdottaessa ja varmistamaan niiden riittävyys käyttöönottopäätösvaiheessa.

Tutkimuksen tulosten ja edellä mainittujen pohdintojen perusteella kappaleessa 4.3 esiteltyä viitekehystä tekoälysovelluksen käyttöönottoprosessista voidaan muokata kuvaamaan paremmin tekoälyn käyttöönottoa riskien arvioinnissa. Tutkimuksen perusteella tekoäly-ymmärryksen muodostus, dataresurssien kartoitus, tekoälyn omistajuuden määrittäminen, tekoälyosaamisen varmistus, muutoksenhallinta ja pilotointi ovat kriittisiä vaiheita käyttöönottoprosessissa, jolloin ne on syytä huomioida prosessin kuvauksessa. Tämä muokattu viitekehys esitellään kuvassa 14.



**Kuva 14.** Tekoälysovelluksen käyttöönottoprosessi työturvallisuusriskien arvioinnissa

Strategiseen suunnitteluun, IT-asiantuntijuuteen ja soveltuvaan lainsäädäntöön liittyvät organisaatiotekijät edellyttävät tarkempaa tarkastelua organisaatiossa, kun tekoälysovellusten tarkempi toiminnallisuus ja teknisen toteutuksen yksityiskohdat tunnetaan. Tarkasteltavassa organisaatiossa ei ole luotuna tarkempaa suunnitelmaa tekoälyn käyttöönottamiseksi, koska tekoälyn hyödyntämismahdollisuuksia vasta kartoitetaan. Mikäli tekoälyhankkeiden strategista suunnittelua ei kuitenkaan tehdä, niiden yhteys organisaation laajempiin strategiaan tavoitteisiin voi jäädä heikoksi aiheuttaen kustannuksia ja resurssien tehottomuutta (Marr 2019). Operational Excellence-johtaja kuitenkin kuvaili, että tekoälyhankkeiden ehdottaminen johtoportaallemme edellyttää niiden liiketoiminnallisen arvon osoittamista. Tekoälyn käyttöönoton haasteeksi onkin muodostunut yritysten kyvyttömyys osoittaa tekoälyn liiketoiminnallinen arvo käyttöönoton aloittamiseksi (Ransbotham, Kiron et al. 2017). Tällöin strateginen suunnittelu on huomioitava alullepanovaiheessa käyttöönottoehdotusta tehdessä, jotta varmistutaan tekoälysovelluksen käyttöönoton vastaamisesta organisaation tarpeisiin tekoälyn käyttöönottoon kohdistuvasta kiinnostuksesta ja ulkoisesta paineesta huolimatta.

Lainsäädännön ja IT-asiantuntijuuden roolista tekoälysovellusten käyttöönottoprosessissa ei pystytty muodostamaan selkeää kokonaiskuvaa, koska haastateltavat eivät tunteneet lainsäädäntöä riittävästi ja heillä oli vaihtelevasti aikaisempia kokemuksia IT-resurssien käytöstä organisaatiossa. IT-resurssien osallistaminen pilottien suunnitteluvaiheessa on kuitenkin tunnistettu edistävän automatisointihankkeiden onnistumista (Edlich, Ip et al. 2019). IT-asiantuntijuuden rooli on erityisesti tekoälysovelluksiin liittyvien integraatioiden toteutuksen arvioinnissa tekoälyn käyttöönoton tukemiseksi (Davenport, Ronanki 2018). IT-resurssien varmistaminen käyttöönottopäätöksen yhteydessä luo edellytyksiä tekoälysovellusten käyttöönotolle. Vaikka osa haastateltavista koki IT-resurssien määrään ja paikallisuuden puutteeseen liittyvän haasteita, on näiden resurssien hankinta todennäköisesti helpompaa kuin analytiikka- ja tekoälyosaamisen kehittäminen.

## 8. PÄÄTELMÄT

Tutkimuksessa saavutettuja tuloksien ja niiden analysoinnin perusteella voidaan tunnistaa tutkimuksen keskeisimmät tulokset, arvioida niiden merkitystä ja luoda johtopäätöksiä tutkimuksen tieteellisestä kontribuutiosta. Tutkimuksen toteutukseen liittyi kuitenkin myös rajoituksia, joihin perustuen tunnistetaan neljä keskeistä jatkotutkimusaluetta.

### 8.1 Keskeisimmät tulokset ja niiden merkitys

Tämän työn tavoitteena oli selvittää, miten työturvallisuutta voidaan kehittää hyödyntämällä tekoälyä riskien arvioinnin tehtävissä ja tarkastella tekoälysovellusten käyttöönottoa työturvallisuusriskien arvioinnissa yksilöiden sekä organisaation näkökulmasta. Tutkimuksessa havaittiin työturvallisuusriskien arvioinnin muodostavan poikkeuksellisen kontekstin tekoälyn käyttöönotolle. Tyypillisesti tekoälyn käyttöönotolla tavoitellaan liiketoiminnan kasvuun ja kustannustehokkuuteen kohdistuvia vaikutuksia (Bughin, Hazan et al. 2017, Agrawal, Kirkland 2018, Ransbotham, Kiron et al. 2017), mutta työturvallisuusriskien arvioinnissa tekoälyn hyödyntämisen ensisijaisena tavoitteena ei ole kumpikaan näistä. Tekoälyn käyttöönotto riskien arvioinnissa on hyödyllistä, kun tekoäly varmistaa turvallisia työskentelyolosuhteita yksilötasolla tunnistettuihin työturvallisuuden kehittämistarpeisiin perustuen. Tällöin tekoälysovellusten käyttöönottamiseksi pelkästään työskentelyn tehostamiseen tai nopeuttamiseen liittyvät hyödyt eivät riitä vaan tekoälyn vaikutus on nähtävä työturvallisuudessa käytännössä. Tutkimuksessa havaittiin, että *tekoälyn hyödyntäminen tarkasteltavan organisaation työturvallisuuden kehityskohteisiin perustuen tukee ennakoivaa ja joustavaa turvallisuustoimintaa, jolloin edistetään organisaation resilienssin luomista*.

Chui, Manyika et al. (2018) mukaan tekoälyn soveltuu laajasti erilaisiin toimialoihin ja organisaatioihin. Myös tässä tutkimuksessa tekoälylle tunnistettiin useita erilaisia tekoälyn hyödyntämismahdollisuuksia energiatoimialalla työturvallisuusriskien arvioinnissa, mikä tiivistyi 10 erilaisen tekoälysovelluksen esittelyyn. Tämä ei ole yllättävää, koska Chui & Malhotran (2018) mukaan tekoälyn käyttöönottoon liitetään eniten hyötyjä organisaation tuotantoon ja riskienhallintaan liittyvissä toiminnoissa. Tutkimuksessa kuitenkin todettiin turvallisuuskriittisen jalostamoympäristön ja turvallisuuden hallinnan piirteiden vaikuttavan tekoälyn soveltuvuuteen. Tämä näkyi tekoälyn autonomisuuden tasossa ja erilaisten sääntöperusteisten tekniikoiden, kuten asiantuntijajärjestelmien, soveltumisen korostumisena. Erityisesti *tekoälyn tunnistettiin soveltuvan työturvallisuusriskien arvioinnin tehtäviin, kun tekoälysovellus tukee tehokkaasti työntekijöiden työskentelyä jättäen riskeihin liittyvän päätöksentekovastuun työntekijöille*.

Tutkimuksessa tunnistettiin tekoälyn hyödyntämismahdollisuuksia tarkasteltavassa organisaatiossa suhteellisen laajasti, koska tekoälyn soveltuvuuden tarkastelua ei rajoitettu nykyisten dataresurssien riittävyyteen. Näistä sovelluksista tekoälyn lyhyen tähtäimen hyödyntämis-

mahdollisuuksia edustavat erityisesti tapaturmien ja läheltä piti -tilanteiden analysointiin (sovellus 1) sekä työympäristön seurantaan ja vaaratilanteiden tunnistamiseen (sovellus 5) liittyvät tekoälysovellukset. Vastaavasti tämän kaltaiset tekoälysovellukset korostuivat myös kirjallisuudessa erilaisia työturvallisuusriskien arviointia tukevia sovelluksia tarkasteltaessa, jolloin työturvallisuusriskien arviointiin liittyy tyypillisemmin dataresursseja niihin liittyvissä käyttökohteissa. Toisin kuin kirjallisuudessa, tässä tutkimuksessa kuitenkin havaittiin näiden tekoälysovellusten luovan edellytyksiä tekoälyn laajemmalle hyödyntämiselle työturvallisuusriskien arvioinnissa.

Tässä tutkimuksessa tekoäly koettiin hyödylliseksi työturvallisuuden kehittämiseksi tekoälyä hyödyntävien yksilöiden ja organisaation näkökulmasta, kunhan varmistetaan riittävä tekoälyymmärrys ja tekoälyn käyttökohteen sekä -tavan yhteensopivuus. *Erityisesti tekoälyn tunnistettiin tukevan työturvallisuusriskien arvioinnissa riskien tunnistamiseen liittyviä tehtäviä inhimilliseen tiedon käsittelyyn liittyvien rajoitteiden vuoksi*, joka näkyi myös tekoälyn keskeisimmissä hyödyissä inhimillisten virheiden ehkäisemisestä. Tällöin tekoälyllä voidaan vaikuttaa keskeiseen työturvallisuuden kehittämisen haasteeseen riskien arvioinnin näkökulmasta, eli inhimillisten tekijöiden hallintaan (Laitinen, Vuorinen et al. 2013, s. 307, Reason 1995, Rasmussen 1997).

Toisaalta Reasonin (1995) mukaan työtehtävien automatisoinnista huolimatta inhimillisten tekijöiden hallinnan tarve säilyy, kun inhimillisten virheiden muodostuminen siirtyy muihin työskentelyvaiheisiin. Tästä huolimatta kirjallisuuden ja empiiristen havaintojen valossa tekoälyn avulla on mahdollisuus ehkäistä vaaratilanteiden muodostumista jalostamoympäristössä. *Erityisesti tekoälyllä voidaan puuttua organisaation vielä tiedostamattomiin vaaratilanteisiin kehittämällä reaaliaikaista tilannetietoisuutta jalostamoympäristön toiminnasta sekä laajentamalla näkemystä turvallisuuskulttuurin nykytilanteesta*. Tämän lisäksi tekoälyn käyttöönotto kasvattaa organisaation roolia työntekijöiden työskentelyn tukemisessa.

Hameed, Counsell et al. (2012) esittelemää IT-innovaation käyttöönoton kuvausta mukaillen tutkimuksessa muodostettiin tekoälysovelluksen käyttöönottoprosessia työturvallisuusriskien arvioinnissa kuvaava malli. Tämän mallin perusteella tekoälysovelluksen käyttöönottoon vaikuttavat erilaiset organisaatiotason tekijät liittyen tekoälyyn, organisaatioon, toimintaympäristöön ja johtoportaaseen. Erityisesti näissä tekijöissä työturvallisuusriskien arvioinnin konteksti näkyi tekoälyn ja organisaation ominaisuuskategorioissa. *Riskien arvioinnissa tavoitteellisesti vähennetään työturvallisuusriskejä, joka vaikutti näkemyksiin tekoälyn yhteensopivuudesta, kypsyydestä ja kokeiltavuudesta tässä yhteydessä*. Rollenhagenia (2010) mukaillen tämä oli kuitenkin odotettavissa, koska turvallisuus- ja innovaatiojohtamisen riskinäkömukset poikkeavat merkittävästi toisistaan ja innovaatioita tukevan organisaatio- ja turvallisuuskulttuurin yhteensopivuuteen voi liittyä haasteita. Tutkimuksen mukaan *turvallisuuskulttuuriin liittyvä tavoite jatkuvasta toiminnan kehittämisestä kuitenkin vaikuttaa myönteisesti tekoälyn käyttöönottoa tukevan avoimen organisaatiokulttuurin kehittämiseen, mikäli tekoälysovellusten suhteellinen etu nykyisiin menetelmiin tiedostetaan*.

Tekoälyn käyttöönoton keskeisimpiä haasteita tarkasteltavassa organisaatiossa ovat digitalisaatioaste, dataresurssit ja datainfrastruktura. Dataan liittyvät haasteet eivät yllättäneet, koska

dataresurssien saatavuus on tekoälyn käyttöönoton edellytys ja nostettu merkittäväksi ongelmaksi useissa organisaatioissa (Ailisto, Neuvonen et al. 2019, s. 45). Dataan liittyvät haasteet näkyivät luonnollisesti myös tutkimuksessa tunnistettujen tekoälysovellusten toteutettavuudessa ja rajoittivat koneoppimisen soveltuvuutta riskien arvioinnin tehtäviin. Tärkeää on kirjallisuuden ja empiirisen havaintojen valossa, että *organisaatio kartoittaa nykyisiä data-resursseja ja omaksuu strategisen lähestymistavan niiden kehittämiseen tekoälyn käyttöönoton edellytyksien luomiseksi*.

Toisaalta tekoälyn hyödyntäminen joissain käyttökohteissa ei välttämättä ole suositeltavaa käyttöönottoon liittyvien haasteiden vuoksi. Organisaatiolla havaittiin olevan yleisesti tarpeita digitaalisille työkaluille päivittäisessä työskentelyssä, jolloin esimerkiksi poikkeamaraportoinnissa puheen tunnistusohjelman (sovellus 7) sijaan tehokkaampaa on raportointia tukevan mobiili-sovelluksen käyttöönotto. Toisaalta digitalisaation kehittämisen myötä myös tekoälysovellusten toteutettavuus paranee soveltuvien dataresurssien osalta. Kirjallisuuden ja empiiristen havaintojen perusteella tarkasteltavaa *organisaatiota rohkaistaankin kehittämään digitalisaatioastetta edelleen jalostamoympäristössä*. Esimerkiksi tuleva sähköinen työlupajärjestelmä tarjoaa koneoppimiselle ja luonnollisen kielen käsittelylle mahdollisuuksia sovellusten 2, 3, 8 ja 9 osalta. Myös tekoälytekniikoiden kehitys saattaa vähentää tulevaisuudessa dataresursseihin liittyviä vaatimuksia algoritmien opettamisessa, jolloin tekoälyn käyttöönotto voi helpottua.

Tekoälyn käyttöönoton aloittamiseksi *organisaatiota suositellaan kehittämään tekoälyn ymmärrystä organisaation eri tasoilla ja tarkastelemaan lyhyellä tähtäimellä hyödyllisten tekoälysovellusten tarkempia datavaatimuksia teknisten asiantuntijoiden avulla*. Tekoälysovellusten toiminnallisuuden huolellisella suunnittelulla, pilotoimalla ja analyytiikka- ja tekoälyosaamisen varmistamisella vaikutetaan olennaisesti tekoälystä koettuihin riskeihin ja epäilyihin sen toimivuudesta. Tästä huolimatta *tekoälysovellusten vaikutus työturvallisuuteen jää käytännössä heikoksi, mikäli sovellusten käyttöönotossa ei määritellä selkeästi tekoälyn omistavaa tahoa, sidota riittävästi resursseja ja huolehdita tekoälysovellusten käyttäjätasolla hyvin suunnitellusta ja pitkäjänteisestä muutoksenhallinnasta*.

## 8.2 Tieteellinen kontribuutio

Tekoälyn käyttöönottoa työturvallisuusriskien arvioinnissa ei ole aikaisemmin tutkittu, jolloin aihepiiriin liittyvää kirjallisuutta oli hyödynnettävissä niukasti. Tähän perustuen työssä omaksuttiin näkemys tekoälystä IT-innovaationa, jolloin tutkimuksessa pystyttiin laajentamaan tarkasteltavaa kirjallisuutta IT-innovaatioiden käyttöönottoon liittyviin tieteellisiin artikkeleihin. Tähän perustuen tutkimuksessa hyödynnettiin Hameed, Counsell et al. (2012) esittelemää IT-innovaation käyttöönottoprosessin kuvausta, jota tarkasteltiin pääasiallisesti erilaisten data-analytiikkaan ja tekoälyyn liittyvien verkkojulkaisujen, raporttien ja aikakauslehtien artikkelien valossa. Tämän perusteella muodostettiin viitekehys tekoälysovelluksen käyttöönottoprosessista organisaatio- ja yksilötasolla sekä siihen vaikuttavista tekijöistä työturvallisuusriskien arvioinnissa.



Innovaatiojohtamiseen ja työturvallisuusriskien arviointiin liittyvää kirjallisuutta on harvemmin yhdistelty tieteellisissä julkaisuissa, jolloin tämä tutkimus syventää ymmärrystä IT-innovaatioiden käyttöönotosta työturvallisuusriskien kontekstissa. Tutkimuksen tulosten perusteella tekoäly kuvastaa monin tavoin IT-innovaation luonnetta siihen liittyvän uutuusarvon ja tutkimuksessa tunnistettujen tekoälyn ominaisuuksia edustavien tekijöiden näkökulmasta. Hameed, Counsell et al. (2012) esittelemä malli IT-innovaatioiden käyttöönottoprosessin kuvauksesta soveltuikin hyvin tekoälyn käyttöönoton tarkasteluun. Tekoälysovellusten käyttäjien hyväksyntään vaikuttavia tekijöitä tarkasteltiin tutkimuksessa sovellusten koettua hyödyllisyyttä mittaamalla, minkä yhteydessä tunnistettiin yhtäläisyyksiä IT-innovaatioiden hyödyllisyyden mittaamisessa aikaisemmin hyödynnettyjen näkemyksien kanssa (Moore, Benbasat 1991, Taylor, S., Todd 1995).

Tutkimuksessa muodostettu viitekehys vastaa tarpeeseen tekoälysovellusten käyttöönoton tarkemmasta kuvauksesta ja kartoituksesta tekoälyn käyttöönottoon vaikuttavista tekijöistä. Näiden lisäksi tekoälyn käyttöönottoa kuvattiin huomioiden organisaation ja tekoälyä hyödyntävien käyttäjien näkökulmasta, joka on jäänyt aikaisemmassa tekoälykirjallisuudessa vähäiselle huomiolle. Työssä tehty tutkimus tuo siis uutta näkemystä tekoälysovellusten käyttöönoton tarkasteluun rajatuissa organisaatiokonteksteissa ja yhdistää tekoälyn, innovaatiojohtamiseen ja työturvallisuusriskien arviointiin liittyviä kirjallisuussuuntauksia. Tutkimuksen tärkeä tieteellinen kontribuutio on tekoälyn erilaisten mahdollisuuksien kartoitus työturvallisuuden kehittämisessä riskien arvioinnin tehtävissä. Tutkimuksen perusteella tekoälyllä voidaan tukea työturvallisuuden jatkuvaa kehittämistä tietotekniikan avulla tavalla, joka ei ole ollut ennen mahdollista.

### 8.3 Tutkimuksen rajoitukset

Aikaisempi tieteellinen vertaisarvioitu tutkimus aihepiiristä oli vähäistä, joten tutkimuksessa laajennettiin hyödynnettyä kirjallisuutta erilaisiin konsultointiyritysten raporttien verkkojulkaisuihin ja aikakauslehtien artikkeleihin tekoälyn käyttöönottoon liittyen. Tutkimuksessa pyrittiin hyödyntämään mahdollisimman luotettavia lähteitä, mutta aikaisemman tieteellisen tutkimuksen vähyyden vuoksi tutkimuksen tuloksia ei ole syytä yleistää laajemmin tekoälyn hyödyntämiseksi työturvallisuusriskien arvioinnin kontekstissa.

Tutkimuksen empiirisessä osiossa haastateltiin turvallisuusjohtamisen asiantuntijoita tarkasteltavassa organisaatiossa. Ensimmäisellä haastattelukierroksella toteutettiin kolme ja toisella haastattelukierroksella kahdeksan puolistrukturoitua haastattelua. Tutkimuksen tulokset rajoittuvat siis tähän otantaan, mutta toisaalta näin rajatun tutkimuskohteen vuoksi tuloksia voidaan hyödyntää soveltuvin osin Nesteen toisilla jalostamoilla. Koska kyseessä oli laadullinen yksittäiseen tapaukseen perustuva tapaustutkimus, rajoittaa se kuitenkin tulosten yleistettävyyttä muihin organisaatiokonteksteihin.

Saunders, Lewis et al. (2012, s. 192) mukaan tutkimuksen luotettavuuteen voi vaikuttaa tutkimukseen osallistuneisiin haastateltaviin liittyvä virhe. Tässä tutkimuksessa haastateltavien vastauksiin saattoivat vaikuttaa haastattelutilanteiden olosuhteet, esimerkiksi puheluun vastaaminen haastattelun aikana, kiire seuraavaan palaveriin tai kesken jääneen työtehtävän jatka-

miseen, jolloin haastateltavien keskittyminen haastattelutilanteeseen heikkeni. Näihin tekijöihin tutkijan oli kuitenkin vaikea vaikuttaa ja haastatteluiden ajankohdat pyrittiin sopia mahdollisimman ajoissa sekä haastateltavien aikataulujen mukaan. Tämän lisäksi ryhmähaastatteluissa tuloksia on voinut väärentää haastateltavien vastausten riippuminen toisten osallistujien vastauksista. Tähän kuitenkin pyrittiin vaikuttamaan kysymällä jokaiselta haastateltavalta perusteluja annettuihin vastauksiin ja rohkaisemalla haastateltavien osallistumista.

Osallistujavirheen lisäksi tutkimuksen luotettavuuteen voi vaikuttaa osallistujavinouma (Saunders, Lewis et al. 2012, s. 192). Tämä näkyi tutkimuksessa, koska osaa suunnitelluista haastatteluista erityisesti tuotannon linjaorganisaation ja projekti-HSE:n käyttäjäryhmiin liittyen ei kyetty järjestämään tutkimuksen puitteissa kiireellisen työtilanteen vuoksi. Tämän vuoksi esimerkiksi projekti-HSE:n käyttäjäryhmää edusti vain yksi henkilö, jolloin tähän käyttäjäryhmään liittyviä tuloksia ei voida yleistää edustavan laajemmin projekti-HSE:n edustajien näkemyksiä tarkastellussa organisaatiossa.

Vaikka tutkimuksessa ei ollut tarkoituksena tekoälyn hyödyntämisen tekninen tarkastelu, olisi teknisestä asiantuntemuksesta niin tutkijan kuin haastateltavien osalta ollut hyötyä tekoälyn hyödyntämismahdollisuuksien kartoittamisessa todellisiin olosuhteisiin perustuen. Tällöin tekoälyn hyödyntämismahdollisuuksien arvioinnissa saattoi esiintyä optimistisuutta tekoälysovellusten toteuttavuuden suhteen. Myös haastateltavien tekoälyn ymmärrys oli vaihtelevaa aikaisemmasta aihepiiriin perehtymisestä riippuen, joka vaikutti arviointiin. Haastateltavat olivat aikaisemmin olleet myös vaihtelevasti osallisina erilaisissa turvallisuusjohtamisen IT-projekteissa, jolloin näkemykset tämäntyyppisten hankkeiden edistämisestä olivat vaihtelevia.

Haastattelujen toteutuksen yhteydessä havaittiin, että haastateltavilla oli välillä vaikeuksia keskittyä työturvallisuuden tarkasteluun kysymyksiä esittäessä. Tämä johtuu siitä, että jalostamoympäristön turvallisuuden hallinnassa työ- ja prosessiturvallisuus liittyvät hyvin vahvasti toisiinsa. Tällöin työturvallisuuden tarkastelu edellyttää soveltuvien osin myös prosessiturvallisuuden hallinnan tarkastelua, joka näkyi tuloksissa. Toisaalta mikäli tutkimuksessa ei olisi tehty tätä työturvallisuuden tarkasteluun liittyvää rajausta, riskien arviointiin liittyvien tehtävien ja erilaisten menetelmien tarkastelu olisi merkittävästi kasvanut.

## 8.4 Jatkotutkimuksen tarve

Tässä työssä toteutetun tutkimuksen perusteella tunnistettiin useita erilaisia jatkotutkimuksen tarpeita tarkentamaan näkemystä tekoälyn hyödyntämisestä turvallisuusjohtamisessa. Nämä tarpeet tiivistettiin neljään erilaiseen jatkotutkimusalueeseen.

Ensimmäinen mahdollinen tutkimusalue on tutkimuksessa tunnistettujen tekoälysovellusten teknisen toteutuksen ja sen edellytysten tarkastelu. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin sovellusten toteutettavuutta hyvin laajalla tasolla, jolloin tutkimus sovellusten tarkemmasta toiminnallisuudesta ja teknisistä yksityiskohdista muodostaisi näkemystä tekoälysovellusten käyttöönotosta todellisiin jalostamoympäristön olosuhteisiin perustuen. Tämä mahdollistaisi myös teko-

älyn käyttöönottoon liittyvän lainsäädännön ja IT-asiantuntijuuden roolin merkityksen tarkastelun tekoälyn käyttöönottoprosessissa.

Toinen mahdollinen tutkimusalue on tekoälysovellusten käyttäjien hyväksyntään vaikuttavien tekijöiden määrittäminen ja niiden mittaaminen laajemmalla tutkimusotannalla. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin tekoälysovellusten käyttöönottoa yksilötasolla sovellusten koetun hyödyllisyyden perusteella tuntematta sovellusten teknisen toteutuksen yksityiskohtia, mikä on hyvin rajattu lähestymistapa. Tämän perusteella on tarve tutkia tekoälysovellusten todelliseen käyttöön vaikuttavia tekijöitä laajemmalla tasolla tai tarkastella kohdistetummin koetun hyödyllisyyden mittaamista yksittäisen tekoälysovelluksen käyttöönoton yhteydessä.

Kolmas mahdollinen tutkimusalue on vastaavan tutkimuksen toteutus tarkasteltavassa organisaatiossa huomioimalla laajemmin prosessiturvallisuuden näkökulma. Toteutetussa tutkimuksessa tekoälysovelluksia määrittäessä huomattiin työ- ja prosessiturvallisuuden suuri vaikutus toisiinsa. Tällöin jatkotutkimuksessa voitaisiin huomioida tarkemmin tuotantoprosessin turvallisuuden kehittämiseen liittyviä tekoälyn käyttökohteita, joka mahdollistaisi kokonaiskuvan muodostamisen tekoälyn käyttöönottomahdollisuuksista jalostamoympäristössä.

Neljäs mahdollinen tutkimusalue on tutkimuksessa muodostetun tekoälysovelluksen käyttöönottoprosessimallin tarkentaminen tekoälysovellusten käyttöönottokokemuksen perusteella. Kyseistä mallia ja sen yhteydessä tunnistettuja erilaisia tekoälysovellusten käyttöönottoon vaikuttavia tekijöitä voitaisiin testata tutkimuskohteessa tai saman organisaation toisella jalostamolla. Tämänäyttötyypiset tutkimukset mahdollistaisivat mallin laajemman soveltuvuuden tarkastelun työturvallisuuden riskien arvioinnissa ja mahdollistaisivat tekoälyn IT-innovaatio- luonteen tarkemman tarkastelun.

## LÄHTEET

- SFS-ISO 31000. 2018. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.
- SFS-ISO 45001. 2018. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.
- AGARWAL, R. and PRASAD, J., 1999. Are Individual Differences Germane to the Acceptance of New Information Technologies? *Decision Sciences*, **30**(2), pp. 361-391.
- AGARWAL, R. and PRASAD, J., 1997. The Role of Innovation Characteristics and Perceived Voluntariness in the Acceptance of Information Technologies. *Decision Sciences*, **28**(3), pp. 557-582.
- AGRAWAL, A., GANS, J.S. and GOLDFARB, A., 2017. What to Expect From Artificial Intelligence. *MIT Sloan Management Review*, **58**(3), pp. 23-26.
- AGRAWAL, A. and KIRKLAND, R., April, 2018-last update, The economics of artificial intelligence [Homepage of McKinsey & Company], [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/the-economics-of-artificial-intelligence> [August 15, 2019].
- AILISTO, H., HEIKKILÄ, E., HELAAKOSKI, H., NEUVONEN, A. and SEPPÄLÄ, T., 2018. *Tekoälyn kokonaiskuva ja osaamiskartoitus*. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia.
- AILISTO, H., NEUVONEN, A., NYMAN, H., HALÉN, M. and SEPPÄLÄ, T., 2019. *Tekoälyn kokonaiskuva ja kansallinen osaamiskartoitus - loppuraportti*. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia.
- ALASUUTARI, P., 2011. *Laadullinen tutkimus 2.0*. Tampere: Osuuskunta Vastapaino.
- ALE, B.J.M., BAKSTEEN, H., BELLAMY, L.J., BLOEMHOF, A., GOOSSENS, L., HALE, A., MUD, M.L., OH, J.I.H., PAPAZOGLU, I.A., POST, J. and WHISTON, J.Y., 2008. Quantifying occupational risk: The development of an occupational risk model. *Safety Science*, **46**(2), pp. 176-185.
- ALPAYDIN, E., 2014. *Introduction to Machine Learning*. 3 edn. Cambridge, Massachusetts, USA: MIT Press.
- AMIRI, M., ARDESHIR, A. and FAZEL ZARANDI, M.H., 2017. Fuzzy probabilistic expert system for occupational hazard assessment in construction. *Safety Science*, **93**, pp. 16-28.
- AVEN, T., 2016. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, **253**(1), pp. 1-13.
- AVEN, T., 2015. *Risk Analysis*. 2 edn. New York, USA: John Wiley & Sons, Incorporated.
- AVEN, T., 2010. On how to define, understand and describe risk. *Reliability Engineering and System Safety*, **95**(6), pp. 623-631.
- AVEN, T., RENN, O. and ROSA, E.A., 2011. On the ontological status of the concept of risk. *Safety Science*, **49**(8-9), pp. 1074-1079.
- AYHAN, B.U. and TOKDEMIR, O.B., 2019. Predicting the outcome of construction incidents. *Safety Science*, **113**, pp. 91-104.
- AZADEH, A., FAM, I.M., KHOSHNOUD, M. and NIKAFROUZ, M., 2008. Design and implementation of a fuzzy expert system for performance assessment of an integrated health, safety,

environment (HSE) and ergonomics system: The case of a gas refinery. *Information Sciences*, **178**(22), pp. 4280-4300.

BARTNECK, C., KULIĆ, D., CROFT, E. and ZOGHBI, S., 2009. Measurement Instruments for the Anthropomorphism, Animacy, Likeability, Perceived Intelligence, and Perceived Safety of Robots. *International Journal of Social Robotics*, **1**(1), pp. 71-81.

BAUER, H., RICHTER, G., WÜLLENWEBER, J., BREUNIG, M., WEE, D. and KLEIN, H., 2017. *Smartening up with Artificial Intelligence (AI) - What's in it for Germany and its Industrial Sector?* McKinsey & Company.

BENGIO, Y., COURVILLE, A. and VINCENT, P., 2013. Representation Learning: A Review and New Perspectives. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, **35**(8), pp. 1798-1828.

BEVILACQUA, M., CIARAPICA, F.E. and GIACCHETTA, G., 2008. Industrial and occupational ergonomics in the petrochemical process industry: A regression trees approach. *Accident Analysis and Prevention*, **40**(4), pp. 1468-1479.

BOSE, B.K., 1994. Expert System, Fuzzy Logic, and Neural Network Applications in Power Electronics and Motion Control. *Proceedings of the IEEE*, **82**(8), pp. 1303-1323.

BROCAL, F., GONZÁLEZ, C. and SEBASTIÁN, M.A., 2018. Technique to identify and characterize new and emerging risks: A new tool for application in manufacturing processes. *Safety Science*, **109**, pp. 144-156.

BROSNAN, T. and SUN, D., 2004. Improving quality inspection of food products by computer vision - A review. *Journal of Food Engineering*, **61**(1 SPEC.), pp. 3-16.

BUGHIN, J., HAZAN, E., RAMASWAMY, S., CHUI, M., ALLAS, T., DAHLSTRÖM, P., HENKE, N. and TRENCH, M., 2017. *Artificial Intelligence: The Next Digital Frontier? Discussion Paper*. McKinsey Global Institute.

CAMBRIA, E. and WHITE, B., 2014. Jumping NLP curves: A review of natural language processing research. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, **9**(2), pp. 48-57.

CHEN, C.L.P. and ZHANG, C., 2014. Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: A survey on Big Data. *Information Sciences*, **275**, pp. 314-347.

CHEN, H., CHIANG, R.H.L. and STOREY, V.C., 2012. Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, **36**(4), pp. 1165-1188.

CHENG, C., LEU, S., CHENG, Y., WU, T. and LIN, C., 2012. Applying data mining techniques to explore factors contributing to occupational injuries in Taiwan's construction industry. *Accident Analysis and Prevention*, **48**, pp. 214-222.

CHENG, C., LIN, C. and LEU, S., 2010. Use of association rules to explore cause-effect relationships in occupational accidents in the Taiwan construction industry. *Safety Science*, **48**(4), pp. 436-444.

CHENG, C., YAO, H. and WU, T., 2013. Applying data mining techniques to analyze the causes of major occupational accidents in the petrochemical industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, **26**(6), pp. 1269-1278.

CHEUNG, S.O., CHEUNG, K.K.W. and SUEN, H.C.H., 2004. CSHM: Web-based safety and health monitoring system for construction management. *Journal of Safety Research*, **35**(2), pp. 159-170.

CHI, N., LIN, K. and HSIEH, S., 2014. Using ontology-based text classification to assist Job Hazard Analysis. *Advanced Engineering Informatics*, **28**(4), pp. 381-394.

CHUI, M. and MALHOTRA, S., November, 2018-last update, AI adoption advances, but foundational barriers remain [Homepage of McKinsey & Company], [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/ai-adoption-advances-but-foundational-barriers-remain> [April 2, 2019].

CHUI, M., MANYIKA, J., MIREMADI, M., HENKE, N., CHUNG, R., NEL, P. and MALHOTRA, S., 2018. *Notes From The AI Frontier: Insights From Hundreds Of Use Cases*. McKinsey & Company.

COX, S. and JONES, B., 2006. Behavioural Safety and Accident Prevention Short-Term 'Fad' or Sustainable 'Fix'? *Process Safety and Environmental Protection*, **84**(3 B), pp. 164-170.

DAVENPORT, T.H. and RONANKI, R., 2018. Artificial Intelligence for the Real World. *Harvard Business Review*, **January-February 2018**, pp. 1-10.

DAVIS, F.D., BAGOZZI, R. and WARSHAW, P.R., 1989. User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science*, **35**(8),.

DAVOUDI KAKHKI, F., FREEMAN, S.A. and MOSHER, G.A., 2019. Evaluating machine learning performance in predicting injury severity in agribusiness industries. *Safety Science*, **117**, pp. 257-262.

DE SANTIS, A., SICILIANO, B., DE LUCA, A. and BICCHI, A., 2008. An atlas of physical human-robot interaction. *Mechanism and Machine Theory*, **43**(3), pp. 253-270.

DINDARLOO, S.R., POLLARD, J.P. and SIAMI-IRDEMOOS, E., 2016. Off-road truck-related accidents in U.S. mines. *Journal of Safety Research*, **58**, pp. 79-87.

DING, L., FANG, W., LUO, H., LOVE, P.E.D., ZHONG, B. and OUYANG, X., 2018. A deep hybrid learning model to detect unsafe behavior: Integrating convolution neural networks and long short-term memory. *Automation in Construction*, **86**, pp. 118-124.

DISHAW, M.T. and STRONG, D.M., 1999. Extending the technology acceptance model with task-technology fit constructs. *Information and Management*, **36**(1), pp. 9-21.

DUAN, Y., EDWARDS, J.S. and DWIVEDI, Y.K., 2019. Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data – evolution, challenges and research agenda. *International Journal of Information Management*, **48**, pp. 63-71.

EDLICH, A., IP, F., PANIKKAR, R. and WHITEMAN, R., 2019. The automation imperative. In: A. EDLICH, G. PHALIN, R. JOGANI and S. KANIYAR, eds, *Driving impact at scale from automation and AI*. McKinsey & Company, pp. 56-63.

FABER, M.H. and STEWART, M.G., 2003. Risk assessment for civil engineering facilities: Critical overview and discussion. *Reliability Engineering and System Safety*, **80**(2), pp. 173-184.

FAYYAD, U., PIATETSKY-SHAPIO, G. and SMYTH, P., 1996. From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. *AI Magazine*, **17**(3), pp. 37-53.

FLEMING, O., FOUNTAINE, T., HENKE, N. and SALEH, T., 2019. Ten red flags signaling your analytics program will fail. In: A. EDLICH, G. PHALIN, R. JOGANI and S. KANIYAR, eds, *Driving impact at scale from automation and AI*. McKinsey & Company, pp. 48-55.

- GALLANT, S.I., 1988. Connectionist expert systems. *Communications of the ACM*, **31**(2), pp. 152-169.
- GHAHRAMANI, Z., 2015. Probabilistic machine learning and artificial intelligence. *Nature*, **521**(7553), pp. 452-459.
- GOH, Y.M. and CHUA, D., 2013. Neural network analysis of construction safety management systems: a case study in Singapore. *Construction Management and Economics*, **31**(5), pp. 460-470.
- GONG, J., CALDAS, C.H. and GORDON, C., 2011. Learning and classifying actions of construction workers and equipment using Bag-of-Video-Feature-Words and Bayesian network models. *Advanced Engineering Informatics*, **25**(4), pp. 771-782.
- GOODHUE, D.L. and THOMPSON, R.L., 1995. Task-Technology Fit and Individual Performance. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, **19**(2), pp. 213-233.
- GUNASEKARAN, S., 1996. Computer vision technology for food quality assurance. *Trends in Food Science and Technology*, **7**(8), pp. 245-256.
- GÜRCANLI, G.E. and MÜNGEN, U., 2009. An occupational safety risk analysis method at construction sites using fuzzy sets. *International Journal of Industrial Ergonomics*, **39**(2), pp. 371-387.
- HADJIMICHAEL, M., 2009. A fuzzy expert system for aviation risk assessment. *Expert Systems with Applications*, **36**(3 PART 2), pp. 6512-6519.
- HAJAKBARI, M.S. and MINAEI-BIDGOLI, B., 2014. A new scoring system for assessing the risk of occupational accidents: A case study using data mining techniques with Iran's Ministry of Labor data. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, **32**, pp. 443-453.
- HAMEED, M.A., COUNSELL, S. and SWIFT, S., 2012. A conceptual model for the process of IT innovation adoption in organizations. *Journal of Engineering and Technology Management*, **29**(3), pp. 358-390.
- HAN, S. and LEE, S., 2013. A vision-based motion capture and recognition framework for behavior-based safety management. *Automation in Construction*, **35**, pp. 131-141.
- HANSSON, S.O. and AVEN, T., 2014. Is Risk Analysis Scientific? *Risk Analysis*, **34**(7), pp. 1173-1183.
- HARRISON, N. and O'NEILL, D., July 7, 2017-last update, If Your Company Isn't Good at Analytics, It's Not Ready for AI [Homepage of Harvard Business Review], [Online]. Available: <https://hbr.org/2017/06/if-your-company-isnt-good-at-analytics-its-not-ready-for-ai> [May 16, 2019].
- HIRSCHBERG, J. and MANNING, C.D., 2015. Advances in natural language processing. *Science*, **349**(6245), pp. 261-266.
- HODSON, J., November 7, 2016-last update, How to Make Your Company Machine Learning Ready [Homepage of Harvard Business Review], [Online]. Available: <https://hbr.org/2016/11/how-to-make-your-company-machine-learning-ready> [August 15, 2019].
- HOLLNAGEL, E., 2014. *Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management*. Farnham, England: CRC Press.

HOLLNAGEL, E., 2011. Epilogue: RAG – The Resilience Analysis Grid. In: J. PARIÈS, D.D. WOODS, J. WREATHALL and E. HOLLNAGEL, eds, *Resilience Engineering in Practice: A Guidebook*. CRC Press (Ashgate Studies in Resilience Engineering), pp. 275-296.

HOLLNAGEL, E., 2008. Risk+barriers=safety? *Safety Science*, **46**(2), pp. 221-229.

HOPKINS, A., 2006. What are we to make of safe behaviour programs? *Safety Science*, **44**(7), pp. 583-597.

HUGHES, P., SHIPP, D., FIGUERES-ESTEBAN, M. and VAN GULIJK, C., 2018. From free-text to structured safety management: Introduction of a semi-automated classification method of railway hazard reports to elements on a bow-tie diagram. *Safety Science*, **110**, pp. 11-19.

HUME, K., October 10, 2017-last update, How to Spot a Machine Learning Opportunity, Even If You Aren't a Data Scientist [Homepage of Harvard Business Review], [Online]. Available: <https://hbr.org/2017/10/how-to-spot-a-machine-learning-opportunity-even-if-you-arent-a-data-scientist> [May 16, 2019].

JACINTO, C. and SILVA, C., 2010. A semi-quantitative assessment of occupational risks using bow-tie representation. *Safety Science*, **48**(8), pp. 973-979.

JAGADISH, H.V., GEHRKE, J., LABRINIDIS, A., PAPAKONSTANTINOY, Y., PATEL, J.M., RAMAKRISHNAN, R. and SHAHABI, C., 2014. Big Data and Its Technical Challenges. *Communications of the ACM*, **57**(7), pp. 86-94.

JEYARAJ, A., ROTTMAN, J.W. and LACITY, M.C., 2006. A review of the predictors, linkages, and biases in IT innovation adoption research. *Journal of Information Technology*, **21**(1), pp. 1-23.

JIANG, C., ZHANG, H., REN, Y., HAN, Z., CHEN, K.-. and HANZO, L., 2017. Machine Learning Paradigms for Next-Generation Wireless Networks. *IEEE Wireless Communications*, **24**(2), pp. 98-105.

JORDAN, M.I. and MITCHELL, T.M., 2015. Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, **349**(6245), pp. 255-260.

KHANZODE, V.V., MAITI, J. and RAY, P.K., 2012. Occupational injury and accident research: A comprehensive review. *Safety Science*, **50**(5), pp. 1355-1367.

KIM, H., KIM, K. and KIM, H., 2016. Vision-Based Object-Centric Safety Assessment Using Fuzzy Inference: Monitoring Struck-By Accidents with Moving Objects. *Journal of Computing in Civil Engineering*, **30**(4), pp. 1-13.

KIM, T. and CHI, S., 2019. Accident Case Retrieval and Analyses: Using Natural Language Processing in the Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, **145**(3), pp. 1-13.

KOBER, J., BAGNELL, J.A. and PETERS, J., 2013. Reinforcement learning in robotics: A survey. *International Journal of Robotics Research*, **32**(11), pp. 1238-1274.

KONONENKO, I., 2001. Machine learning for medical diagnosis: History, state of the art and perspective. *Artificial Intelligence in Medicine*, **23**(1), pp. 89-109.

KOTSIANTIS, S.B., 2007. Supervised Machine Learning: A Review of Classification Techniques. *Informatica (Ljubljana)*, **31**(3), pp. 249-268.

KOTSIANTIS, S.B., ZAHARAKIS, I.D. and PINTELAS, P.E., 2006. Machine learning: a review of classification and combining techniques. *Artificial Intelligence Review*, **26**(3), pp. 159-190.



KUUSELA, H. and OLLIKAINEN, R., 2005. Riskit ja riskienhallinta-ajattelu. In: H. KUUSELA and R. OLLIKAINEN, eds, *Riskit ja riskienhallinta*. Tampere: Tampere University Press, pp. 15-54.

LAITINEN, H., VUORINEN, M. and SIMOLA, A., 2013. *Työturvallisuuden ja -terveyden johtaminen*. 2 edn. Tallinna: Tietosanoma Oy.

LAUNCHBURY, J., 2017-last update, A DARPA Perspective on Artificial Intelligence [Homepage of Defense Advanced Research Projects Agency], [Online]. Available: <https://www.darpa.mil/about-us/darpa-perspective-on-ai> [May 17, 2019].

LAVALLE, S., LESSER, E., SHOCKLEY, R., HOPKINS, M.S. and KRUSCHWITZ, N., 2011. Big Data, Analytics and the Path from Insights to Value. *MIT Sloan Management Review*, **52**(2), pp. 21-31.

LECUN, Y., BENGIO, Y. and HINTON, G., 2015. Deep learning. *Nature*, **521**(7553), pp. 436-444.

LEE, M., 2002. Expert system for nuclear power plant accident diagnosis using a fuzzy inference method. *Expert Systems*, **19**(4), pp. 201-207.

LEGG, S. and HUTTER, M., 2007. Universal Intelligence: A Definition of Machine Intelligence. *Minds and Machines: Journal for Artificial Intelligence, Philosophy, and Cognitive Science*, **17**(4), pp. 391-444.

LEVESON, N., 2015. A systems approach to risk management through leading safety indicators. *Reliability Engineering and System Safety*, **136**, pp. 17-34.

LEVESON, N., 2011. Applying systems thinking to analyze and learn from events. *Safety Science*, **49**(1), pp. 55-64.

LI, D. and DU, Y., 2017. *Artificial intelligence with uncertainty*. 2 edn. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press.

LIAO, C. and PERNG, Y.-., 2008. Data mining for occupational injuries in the Taiwan construction industry. *Safety Science*, **46**(7), pp. 1091-1102.

LIAO, S., 2005. Expert system methodologies and applications-a decade review from 1995 to 2004. *Expert Systems with Applications*, **28**(1), pp. 93-103.

LILIĆ, N., OBRADOVIĆ, I. and CVJETIĆ, A., 2010. An intelligent hybrid system for surface coal mine safety analysis. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **23**(4), pp. 453-462.

LUCONI, F.L., MALONE, T.W. and MORTON, M.S.S., 1986. Expert Systems: The Next Challenge For Managers. *MIT Sloan Management Review*, **27**(4), pp. 3-14.

LYYTINEN, K. and ROSE, G.M., 2003. The Disruptive Nature of Information Technology Innovations: The Case of Internet Computing in Systems Development Organizations. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, **27**(4), pp. 557-595.

MANNERMAA, K., 2018. *Työsuojelupäällikön käsikirja: Turvallisuus ja hyvinvointi työkyvyn edistäjänä*. Helsinki: Alma Talent Oy.

MARR, B., February 25, 2019-last update, The 4 Biggest Barriers To AI Adoption Every Business Needs To Tackle [Homepage of Forbes Media LLC.], [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2019/02/25/the-4-biggest-barriers-to-ai-adoption-every-business-needs-to-tackle/#6b7878152731> [May 16, 2019].

MATTILA, R. and LAHTI, P., April 5, 2018-last update, Maailmaa kiertänyt humanoidirobotti herätti nyt ihmetystä Suomessa: "Vähän hämmentävää, kun sen kanssa voi keskustella" [Homepage of YLE], [Online]. Available: <https://yle.fi/uutiset/3-10146580> [April 16, 2019].

MCCAULEY-BELL, P. and BADIRU, A.B., 1996. Fuzzy modeling and analytic hierarchy processing to quantify risk levels associated with occupational injuries - Part I: The development of fuzzy-linguistic risk levels. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, **4**(2), pp. 124-131.

MEMARZADEH, M., GOLPARVAR-FARD, M. and NIEBLES, J.C., 2013. Automated 2D detection of construction equipment and workers from site video streams using histograms of oriented gradients and colors. *Automation in Construction*, **32**, pp. 24-37.

MINSKY, M., 1961. Steps Toward Artificial Intelligence. *Proceedings of the IRE*, **49**(1), pp. 8-30.

MISTIKOGLU, G., GEREK, I.H., ERDIS, E., MUMTAZ USMEN, P.E., CAKAN, H. and KAZAN, E.E., 2015. Decision tree analysis of construction fall accidents involving roofers. *Expert Systems with Applications*, **42**(4), pp. 2256-2263.

MITROPOULOS, P., ABDELHAMID, T.S. and HOWELL, G.A., 2005. Systems Model of Construction Accident Causation. *Journal of Construction Engineering and Management*, **131**(7), pp. 816-825.

MOORE, G.C. and BENBASAT, I., 1991. Development of an Instrument to Measure the Perceptions of Adopting an Information Technology Innovation. *Information Systems Research*, **2**(3), pp. 192-222.

MURÈ, S. and DEMICHELA, M., 2009. Fuzzy Application Procedure (FAP) for the risk assessment of occupational accidents. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, **22**(5), pp. 593-599.

MURPHY, K.P., 2012. *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

MUSCETTOLA, N., NAYAK, P.P., PELL, B. and WILLIAMS, B.C., 1998. Remote Agent: To boldly go where no AI system has gone before. *Artificial Intelligence*, **103**(1-2), pp. 5-47.

NADERPOUR, M. and LU, J., 2012A Fuzzy Dual Expert System For Managing Situation Awareness in a Safety Supervisory System, *IEEE International Conference on Fuzzy Systems* 2012, pp. 1-7.

NAJAFABADI, M.M., VILLANUSTRE, F., KHOSHGOFTAAR, T.M., SELIYA, N., WALD, R. and MUHAREMAGIC, E., 2015. Deep learning applications and challenges in big data analytics. *Journal of Big Data*, **2**(1),.

NEGNEVITSKY, M., 2005. *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems*. 2 edn. Great Britain: Pearson Education Limited.

NENONEN, N., ANTTILA, S. and KIVISTÖ-RAHNASTO, J., 2018. *Kuinka löytää ja hallita oikeat riskit? Osuva ja vaikuttava työn turvallisuuteen ja terveellisyyteen liittyvien riskien hallinta*. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Tuotantotalous ja tietojohdaminen.

NESTE, 2019a-last update, Aika toimia nopeammin ja rohkeammin. Available: <https://www.neste.com/fi/konserni/tietoa-meista/strategia> [August 1, 2019].

NESTE, 2019b-last update, Arvot ohjaavat liiketoimintaamme ja jokaista työntekijää. Available: <https://www.neste.com/fi/konserni/tietoa-meista/arvot> [May 30, 2019].

NESTE, 2019c-last update, Henkilöturvallisuus – turvallisesti kotiin joka päivä. Available: <https://www.neste.com/fi/konserni/vastuullisuus/turvallisuus> [May 30, 2019].

NESTE, 2019d-last update, Juuremme. Available: <https://www.neste.com/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4/juuremme> [May 29, 2019].

NESTE, 2019e-last update, Paljon muutakin kuin perinteinen öljynjalostaja. Available: <https://www.neste.com/fi/konserni/tietoa-meista/missio-ja-visio> [May 30, 2019].

NESTE, 2019f-last update, Prosessiturvallisuus – hyvin toimivista prosesseista hyötyvät kaikki. Available: <https://www.neste.com/fi/konserni/vastuullisuus/turvallisuus/prosessiturvallisuus> [August 15, 2019].

NESTE, 2019g-last update, Tuotantoa neljässä eri maassa. Available: <https://www.neste.com/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4/tuotanto> [May 30, 2019].

NESTE, 2019h-last update, Vuosikertomukset. Available: <https://www.neste.com/fi/konserni/uutiset-media/materiaalit/vuosikertomukset> [May 30, 2019].

NI, H., CHEN, A. and CHEN, N., 2010. Some extensions on risk matrix approach. *Safety Science*, **48**(10), pp. 1269-1278.

NIEMINEN, E., October 14, 2018-last update, Tietokonenäkö on kehittynyt huimasti, alan osaajat viedään käsistä – Professori: "Opiskelijoita ei uskalla lähettää konferensseihin, kun kaikki rekrytoidaan" [Homepage of YLE], [Online]. Available: <https://yle.fi/uutiset/3-10418805> [April 16, 2019].

NIXON, M. and AGUADO, A.S., 2012. *Feature Extraction & Image Processing for Computer Vision*. 3 edn. London, UK: Elsevier Ltd.

PARK, M. and BRILAKIS, I., 2012. Construction worker detection in video frames for initializing vision trackers. *Automation in Construction*, **28**, pp. 15-25.

PARK, M., KOCH, C. and BRILAKIS, I., 2012. Three-dimensional tracking of construction resources using an on-site camera system. *Journal of Computing in Civil Engineering*, **26**(4), pp. 541-549.

PATÉ-CORNELL, M.E. and REGAN, P.J., 1998. Dynamic Risk Management Systems: Hybrid architecture and offshore platform illustration. *Risk Analysis*, **18**(4), pp. 485-496.

PFEIFER, R., IIDA, F. and BONGARD, J., 2005. New robotics: Design principles for intelligent systems. *Artificial Life*, **11**(1-2), pp. 99-120.

PINTO, A., NUNES, I.L. and RIBEIRO, R.A., 2011. Occupational risk assessment in construction industry - Overview and reflection. *Safety Science*, **49**(5), pp. 616-624.

POH, C.Q.X., UBEYNARAYANA, C.U. and GOH, Y.M., 2018. Safety leading indicators for construction sites: A machine learning approach. *Automation in Construction*, **93**, pp. 375-386.

QIU, J., WU, Q., DING, G., XU, Y. and FENG, S., 2016. A survey of machine learning for big data processing. *Eurasip Journal on Advances in Signal Processing*, **2016**(1), pp. 1-16.

RANSBOTHAM, S., KIRON, D., GERBERT, P. and REEVES, M., 2017. *Reshaping Business with Artificial Intelligence: Closing the Gap Between Ambition and Action*. 59. MIT Sloan Management Review and The Boston Consulting Group.

RASMUSSEN, J., 1997. Risk management in a dynamic society: A modelling problem. *Safety Science*, **27**(2-3), pp. 183-213.

REASON, J., 1995. Understanding adverse events: human factors. *Quality in Health Care*, **4**(2), pp. 80-89.

RIVAS, T., PAZ, M., MARTÍN, J.E., MATÍAS, J.M., GARCÍA, J.F. and TABOADA, J., 2011. Explaining and predicting workplace accidents using data-mining techniques. *Reliability Engineering and System Safety*, **96**(7), pp. 739-747.

ROLLENHAGEN, C., 2010. Can focus on safety culture become an excuse for not rethinking design of technology? *Safety Science*, **48**(2), pp. 268-278.

RUNDMO, T., 1996. Associations between risk perception and safety. *Safety Science*, **24**(3), pp. 197-209.

RUSSELL, S.J. and NORVIG, P., 2010. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 3 edn. Upper Saddle River, New Jersey, USA: Pearson Education, Inc.

SANMIQUEL, L., ROSSELL, J.M. and VINTRÓ, C., 2015. Study of Spanish mining accidents using data mining techniques. *Safety Science*, **75**, pp. 49-55.

SARKAR, S., VINAY, S., RAJ, R., MAITI, J. and MITRA, P., 2019. Application of optimized machine learning techniques for prediction of occupational accidents. *Computers and Operations Research*, **106**, pp. 210-224.

SAUNDERS, M., LEWIS, P. and THORNHILL, A., 2012. *Research Methods for Business Students*. 6 edn. Rotolito Lombarda, Italy: Pearson Education Limited.

SCHAAL, S., 1999. Is imitation learning the route to humanoid robots? *Trends in cognitive sciences*, **3**(6), pp. 233-242.

SCHMIDHUBER, J., 2015. Deep Learning in neural networks: An overview. *Neural Networks*, **61**, pp. 85-117.

SEO, J., HAN, S., LEE, S. and KIM, H., 2015. Computer vision techniques for construction safety and health monitoring. *Advanced Engineering Informatics*, **29**(2), pp. 239-251.

SICILIANO, B., SCIAVICCO, L., VILLANI, L. and ORIOLO, G., 2010. *Robotics : Modelling, Planning and Control*. London: Springer-Verlag London Limited.

SMITH, G.S., TIMMONS, R.A., LOMBARDI, D.A., MAMIDI, D.K., MATZ, S., COURTNEY, T.K. and PERRY, M.J., 2006. Work-related ladder fall fractures: Identification and diagnosis validation using narrative text. *Accident Analysis and Prevention*, **38**(5), pp. 973-980.

SQUILLANTE JR, R., SANTOS FO, D.J., MARUYAMA, N., JUNQUEIRA, F., MOSCATO, L.A., NAKAMOTO, F.Y., MIYAGI, P.E. and OKAMOTO JR, J., 2018. Modeling accident scenarios from databases with missing data: A probabilistic approach for safety-related systems design. *Safety Science*, **104**, pp. 119-134.

STEEN, R. and AVEN, T., 2011. A risk perspective suitable for resilience engineering. *Safety Science*, **49**(2), pp. 292-297.

SUN, D., 2000. Inspecting pizza topping percentage and distribution by a computer vision method. *Journal of Food Engineering*, **44**(4), pp. 245-249.

TAYLOR, J.A., LACOVARA, A.V., SMITH, G.S., PANDIAN, R. and LEHTO, M., 2014. Near-miss narratives from the fire service: A Bayesian analysis. *Accident Analysis and Prevention*, **62**, pp. 119-129.

TAYLOR, S. and TODD, P.A., 1995. Understanding Information Technology Usage: A Test of Competing Models. *Information Systems Research*, **6**(2), pp. 144-176.

TEIZER, J. and VELA, P.A., 2009. Personnel tracking on construction sites using video cameras. *Advanced Engineering Informatics*, **23**(4), pp. 452-462.

TIXIER, A.J.P., HALLOWELL, M.R., RAJAGOPALAN, B. and BOWMAN, D., 2016. Automated content analysis for construction safety: A natural language processing system to extract precursors and outcomes from unstructured injury reports. *Automation in Construction*, **62**, pp. 45-56.

TIXIER, J., DUSSERRE, G., SALVI, O. and GASTON, D., 2002. Review of 62 risk analysis methodologies of industrial plants. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, **15**(4), pp. 291-303.

TURBAN, E. and WATKINS, P.R., 1986. Integrating Expert Systems and Decision Support Systems. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, **10**(2), pp. 121-136.

TYÖSUOJELUHALLINTO, 2010. *Työsuojaoppaita ja -ohjeita 35: Turvallisuusjohtaminen*. Tampere: Multiprint Oy.

TYÖTURVALLISUUSKESKUS, 2015. *Riskien arviointi työpaikalla -työkirja*. 9 edn. Sosiaali- ja terveysministeriö, Työsuojaosasto.

UUSITALO, T., HEIKKILÄ, J., RANTANEN, E., LAPPALAINEN, J., LIUHAMO, M., PALUKKA, P. and HÄMÄLÄINEN, P., 2009. *Ennakoiva ja joustava turvallisuuden johtaminen. Resilienssi Suomessa*. Tampere: VTT.

VENKATESH, V., 1999. Creation of Favorable User Perceptions: Exploring the Role of Intrinsic Motivation. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, **23**(2), pp. 239-260.

VENKATESH, V. and BALA, H., 2008. Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Sciences*, **39**(2), pp. 273-315.

VENKATESH, V. and DAVIS, F.D., 2000. Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, **46**(2), pp. 186-204.

VINODKUMAR, M.N. and BHASI, M., 2010. Safety management practices and safety behaviour: Assessing the mediating role of safety knowledge and motivation. *Accident Analysis & Prevention*, **42**(6), pp. 2082-2093.

WAGNER, W.P., 2017. Trends in expert system development: A longitudinal content analysis of over thirty years of expert system case studies. *Expert Systems with Applications*, **76**, pp. 85-96.

WANG, J., ZOU, P.X.W. and LI, P.P., 2016. Critical factors and paths influencing construction workers' safety risk tolerances. *Accident Analysis and Prevention*, **93**, pp. 267-279.

WOODS, D.D. and HOLLNAGEL, E., 2006. Prologue: Resilience Engineering Concepts. In: D.D. WOODS, N. LEVESON and E. HOLLNAGEL, eds, *Resilience Engineering : Concepts and Precepts*. Aldershot, England: CRC Press, pp. 1-6.

YANG, J., ARIF, O., VELA, P.A., TEIZER, J. and SHI, Z., 2010. Tracking multiple workers on construction sites using video cameras. *Advanced Engineering Informatics*, **24**(4), pp. 428-434.

YOON, Y., GUIMARAES, T. and O'NEAL, Q., 1995. Exploring the factors associated with expert systems success. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, **19**(1), pp. 83-106.

YU, Y., YANG, X., LI, H., LUO, X., GUO, H. and FANG, Q., 2019. Joint-Level Vision-Based Ergonomic Assessment Tool for Construction Workers. *Journal of Construction Engineering and Management*, **145**(5), pp. 1-15.

ZOHAR, D. and EREV, I., 2007. On the difficulty of promoting workers' safety behaviour: Overcoming the under-weighting of routine risks. *International Journal of Risk Assessment and Management*, **7**(2), pp. 122-136.

# LIITE A: TUTKIMUSKYSYMYKSET TEEMOITTAIN

Tutkimus- kysymys	Alateema	Haastattelukysymys
TK1	Työturvallisuuden nykytilanne työmailla	Miten kuvailisit Porvoon jalostamon kunnossapito- ja rakennustyömaiden muodostamaa työympäristöä turnaroundia mielessä pitäen?
		Miten työmaiden työturvallisuutta mitataan tällä hetkellä? Ovatko nykyiset mittarit riittäviä työturvallisuuden kuvaamiseksi?
		Millaiset ovat tyypillisimpiä työturvallisuuspoikkeamia työmailla?
	Riskien arvioinnin tehtävien kartoitus	Millaisia työtehtäviä työturvallisuuden riskien arviointiin liittyy? Millaisiin tehtäviin kuluu aikaa ja ne toistuvat usein? Olisiko näitä tarvetta tehostaa tai automatisoida?
		Millaisia asioita yleisesti on tärkeää huomioida työturvallisuuden riskien arvioinnissa? Mikä tekee riskien arvioinnista hyvää?
	Data, tietojärjestelmät ja tiedonkulkua riskien arvioinnissa	Millaista tietoa työturvallisuusriskien arvioinnin toteuttamiseksi tarvitaan tällä hetkellä, mm. millaisia dokumentteja tai tietojärjestelmiä käytetään? Mihin tietoa on tallennettu ja miten sitä analysoidaan?
		Millaista dataa tällä hetkellä työmailla kerätään? Onko osa kerättävästä datasta strukturoimatonta, esim. vapaamuotoista tekstiä tai kuvadataa? Kuka kerää ja miten?
		Miten tiedonkulkua toteutetaan työmailla, jotta varmistetaan riittävä ja ajantasainen tieto työympäristössä toimivilla henkilöillä työturvallisuuden edistämiseksi?
	Työturvallisuuden kehityskohteiden tunnistaminen	Mitkä ovat näiden keskustelujen ja aikaisemman kokemukseksi perusteella työturvallisuuden kehityskohteita riskien arvioinnin näkökulmasta?
TK2	Koneoppimisen soveltuvuus	Liittykö haasteeseen X tilanteita, joissa voisi olla hyödyllistä pystyä ennakoimaan asioita (tietämään jotain tulevaisuudesta)? Millaisia?
		Liittykö haasteeseen X tilanteita, joissa voisi olla tarpeen luokitella asioita? Millaisia?
		Millaisia asioita pitäisi mitata tai kuvata, jotta luokittelu tai ennakointi olisi mahdollista? Voidaanko näitä asioita mitata tai kuvata nykyisen työmaalta saatavan datan ja tietojärjestelmiin tallennetun datan perusteella? Onko tarvetta kerätä uutta dataa työympäristöön liittyen esimerkiksi sensoreiden tai työntekijöiden avulla?
	Luonnollisen kielen käsitteilyn soveltuvuus	Liittykö haasteeseen X tilanteita, joissa voisi olla hyödyllistä automaattinen tekstin kirjoittaminen puheen perusteella eli sanelemalla? Millaisia?
		Liittykö haasteeseen X tilanteita, joissa voisi olla hyödyllistä kääntää tekstejä automaattisesti eri kielille? Millaisia?
		Liittykö haasteeseen X tilanteita, joissa voisi olla hyödyllistä saada puheeseen perustuvaa ohjausta tietynlaista työtehtävää suorittaessa (samalla tavalla kuin navigaattori kertoo reittiohjeita autossa)?
	Konenäön soveltuvuus	Liittykö haasteeseen X tilanteita, joissa voisi olla tarpeen lisätä työmaiden tarkkailua kameroiden avulla? Millaisia?
		Mitä objekteja tai toimintaa olisi hyödyllistä tunnistaa tai seurata työympäristössä? Miksi?
	Asiantuntija- järjestelmien soveltuvuus	Liittykö haasteeseen X tilanteita, joissa olisi tarpeen saada suositus ratkaisusta johonkin tarkasteltavaan ongelmaan? Puhutaan siis tilanteesta, jossa tarkasteltavaan ongelmaan ei ole selkeää yhtä ratkaisua vaan asiantuntemukseen perustuen etsitään erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja. Millaisia?
		Olisiko näissä tilanteissa hyödyllistä, jos erillinen sovellus tai järjestelmä kykenisi tarjoamaan ratkaisuvaihtoehtoja annettujen tietojen perusteella?
		Millaista tietoa tai asiantuntemusta hyödynnetään näissä tilanteissa päätöksenteon tukena?

		Voisiko päätöksentekoa kuvata erilaisten sääntöjen avulla, esimerkiksi JOS tapahtuu näin niin SITTEN lopputulos olisi tämä? Esim. jos tänään sataa, niin sitten kastun.
TK3	Tekoälysovellusten hyödyt	Millaisia vaikutuksia sovelluksen X käyttöönotolla voisi olla sinun roolisi näkökulmasta?
		Mitkä ovat keskeisimmät hyödyt sovelluksen X käyttöönotosta sinun roolisi näkökulmasta?
	Hyödyllisyyteen vaikuttavat tekijät	Kuinka hyödylliseksi arvioisit sovelluksen X asteikolla 1-5, jossa 1 viittaa siihen, että sovellukseen ei liity hyötyjä ja 5 viittaa erittäin hyödylliseen?
TK4	Tekoälyn ominaisuudet	1. Tietyissä käyttökohteissa tekoälyn hyödyntämiseen riskien arvioinnissa voidaan liittää suhteellista etua työturvallisuuden kehittämiseksi nykyisiin menetelmiin verrattuna.
		2. Tiedän, mitä tekoälyllä yleisellä tasolla tarkoitetaan ja osaan nimetä joitakin esimerkkejä sen sovelluksista.
		3. Tekoäly tuntuu monimutkaiselta ja tarvitsisin tukea tekoälyn toiminnan ymmärtämiseksi, jos jokin tekoälysovellus otettaisiin käyttöön turvallisuusjohtamisessa.
		4. Tekoäly soveltuu hyvin riskien arviointiin liittyviin tehtäviin turvallisuusjohtamisessa.
		5. Tekoäly soveltuu hyvin jalostamoympäristöön ja sen toiminnan logiikkaan.
		6. Tekoälyn käyttöönottoon liittyy riskejä yksittäisten sovellusten toiminnan hallintaan sekä niiden tuottamien tuloksien validointiin.
		7. Mahdollisuus kokeilla tekoälysovellusten toimivuutta käytännössä ennen virallista käyttöönottoa olisi hyödyllistä organisaatiomme näkökulmasta.
	Organisaation ominaisuudet	8. Digitalisaatio näkyy hyvin jalostamoympäristössä työturvallisuuden hallintaan liittyvissä tehtävissä ja prosesseissa.
		9. Olemme hyödyntäneet tehokkaasti tietojärjestelmissä olevaa dataa analyysien tekemiseksi työturvallisuuden hallintaan liittyvissä tehtävissä ja prosesseissa.
		10. Meillä on riittävä osaaminen ja ymmärrys data-analytiikasta myös tekoälysovellusten käyttöönottoa tukemaan.
		11. Organisaatiomme johtoporras tukee yleisesti uusien teknologioiden, kuten tekoälyn, mahdollisuuksien kartoittamista ja käyttöönottoa erilaisiin tehtäviin.
		12. Jalostamon työympäristöön liittyen on saatavilla paljon laadukasta dataa riskien arvioinnin tueksi.
		13. Jalostamon työympäristöstä kerätään systemaattisesti reaaliaikaista dataa erityisesti laitteistoon ja ympäristön olosuhteisiin liittyen.
		14. Turvallisuuden hallintaan liittyvän tiedon käsittely ja ylipäättänsä tietojärjestelmien käyttö on tällä hetkellä systemaattista eikä data ole hajautunut useisiin eri tietojärjestelmiin.
		15. (Joiden tekoälysovellusten hyödyntäminen edellyttää algoritmien opettamista tunnistamaan erilaisia turvallisuuspoikkeamia.) Organisaatiossamme sattuu turvallisuuspoikkeamia niin harvoin, että tekoälysovelluksen opettaminen niiden tunnistamiseksi voi olla haasteellista.
		16. Uskon, että organisaatiossamme on riittävää IT-asiantuntijuutta yleisesti uusien tietokoneohjelmien kehittämiseksi sekä integroimiseksi osaksi nykyistä tietojärjestelmien muodostamaa kokonaisuutta.
		17. On selkeää, mitä tekoälyn hyödyntämisellä tavoiteltaisiin turvallisuusjohtamisessa ja miten tämä edistää yrityksen laajempien strategisten tavoitteiden saavuttamista.
		18. Meillä on riittävä liiketoimintaan ja toimialaan liittyvä osaaminen erilaisten tekoälysovellusten käyttöönoton ja sen tarpeellisuuden arvioimiseksi.
		19. Organisaatiokulttuurimme on avoin ja vastaanottava uusien teknologioiden ja toimintatapojen käyttöönotolle.
		20. Jalostamoympäristössä erilaisten tuotantoon ja turvallisuuden hallintaan liittyvien tiimien välillä jaetaan tehokkaasti tietoa ja kokemuksia toimintatapoihin ja prosesseihin liittyvistä muutoksista.



		21. Turvallisuuskulttuurimme tukee uusien teknologioiden käyttöönottoa jalostamolla työturvallisuuden hallintaan liittyvissä tehtävissä ja prosesseissa.
	Toimintaympäristön ominaisuudet	22. Tekoälysovellusten käyttöönottoon turvallisuusjohtamisessa liittyy haasteita esim. toimialaan ja datan käsittelyyn liittyvän lainsäädännön huomioimisen kannalta.
		23. Organisaatiomme kohdistuu paineita tekoälyn käyttöönottamiseksi organisaation toimintaympäristöstä.
	Johtoportaan ominaisuudet	24. Organisaatiomme johtoportaan suhtautuminen uusiin teknologioihin, kuten tekoälyyn, on myönteistä ja rohkaisevaa.
		25. Uskon, että organisaatiomme johtoporras ymmärtää, mitä tekoälyllä tarkoitetaan ja millaisia teknologioita siihen liittyy.
		Millaiset asiat vaikuttivat siihen, että arvioit väitteen X numerolla Y?
	Tekoälyn käyttöönoton haasteet	Tuleeko sinulle mieleen muita tekijöitä aikaisemmin keskustellun lisäksi, jotka voisivat vaikuttaa tekoälyn käyttöönottoon turvallisuusjohtamisessa?
		Edellä mainittujen tekijöiden perusteella, mitkä koet kaikista keskeisimmiksi haasteiksi tekoälyn käyttöönottamiseksi turvallisuusjohtamisessa?
		Millaiseksi koet ylipäätään organisaation valmiuden hyödyntää tekoälyä turvallisuusjohtamisessa jalostamoympäristössä?

# LIITE B: HAASTATTELURUNKO – ENSIMMÄINEN HAASTATTELUKIERROS

## Haastattelun aloitus

Haastattelijan ja tutkimuksen esittely, käytännön asioiden läpikäynti: käytettävä aika, tulosten anonyymisyys, hyväksyntä nauhoitukselle

- Haluaisitko tässä aluksi kertoa hieman omasta roolistasi Nesteellä ja millaisia työtehtäviä roolisii kuuluu?
- Millaisia ajatuksia ennakkomateriaali alustavasti herätti?
- Haluaisitko kysyä jotain ennen varsinaisiin haastattelukysymyksiin siirtymistä?

## Ensimmäisenä teemana tässä haastattelussa keskustellaan työturvallisuuden ja riskien arvioinnin tehtävien nykytilanteesta jalostamoympäristössä.

- Miten kuvailisit Porvoon jalostamon kunnossapito- ja rakennustyömaiden muodostamaa työympäristöä turnaroundia mielessä pitäen?
- Miten työmaiden työturvallisuutta mitataan tällä hetkellä? Ovatko nykyiset mittarit riittäviä työturvallisuuden kuvaamiseksi?
- Millaiset ovat tyypillisimpiä työturvallisuuspoikkeamia työmailla?
- Millaisia työtehtäviä työturvallisuusriskien arviointiin liittyy? Millaisiin tehtäviin kuluu aikaa ja ne toistuvat usein? Olisiko näitä tarvetta tehostaa tai automatisoida?
- Millaisia asioita yleisesti on tärkeää huomioida työturvallisuusriskien arvioinnissa? Mikä tekee riskien arvioinnista hyvää?
- Millaista tietoa työturvallisuusriskien arvioinnin toteuttamiseksi tarvitaan tällä hetkellä, mm. millaisia dokumentteja tai tietojärjestelmiä käytetään? Mihin tietoa on tallennettu ja miten sitä analysoidaan?
- Millaista dataa tällä hetkellä työmailta kerätään? Onko osa kerättävästä datasta strukturoimatonta, esim. vapaamuotoista tekstiä tai kuvadataa? Kuka kerää ja miten?
- Miten tiedonkulkua toteutetaan työmailla, jotta varmistetaan riittävä ja ajantasainen tieto työympäristössä toimivilla henkilöillä työturvallisuuden edistämiseksi?
- Mitkä ovat näiden keskustelujen ja aikaisemman kokemukseksi perusteella työturvallisuuden kehityskohteita riskien arvioinnin näkökulmasta?

## Toisena teemana tässä haastattelussa katsotaan tekoälyn ja erilaisten tekoälyteknologioiden soveltuvuutta tunnistettuihin työturvallisuuden kehityskohteisiin vastaamiseksi.

Koneoppiminen/luonnollisen kielen käsittely:

- Liittykö haasteeseen X tilanteita, joissa voisi olla hyödyllistä pystyä ennakoimaan asioita (tietämään jotain tulevaisuudesta)? Millaisia?
- Liittykö haasteeseen X tilanteita, joissa voisi olla tarpeen luokitella asioita? Millaisia?
- Millaisia asioita pitäisi mitata tai kuvata, jotta luokittelu tai ennakointi olisi mahdollista? Voidaanko näitä asioita mitata tai kuvata nykyisen työmaalta saatavan datan ja tietojärjestelmiin tallennetun datan perusteella? Onko tarvetta kerätä uutta dataa työympäristöön liittyen esimerkiksi sensoreiden tai työntekijöiden avulla?

Luonnollisen kielen käsittely:

- Liittykö haasteeseen X tilanteita, joissa voisi olla hyödyllistä automaattinen tekstin kirjoittaminen puheen perusteella eli sanelemalla? Millaisia?
- Liittykö haasteeseen X tilanteita, joissa voisi olla hyödyllistä kääntää tekstejä automaattisesti eri kielille? Millaisia?
- Liittykö haasteeseen X tilanteita, joissa voisi olla hyödyllistä saada puheeseen perustuvaa ohjausta tietojärjestelmältä tietynlaista työtehtävää suorittaessa (samalla tavalla kuin navigaattori kertoo reittiohjeita autossa)?

Konenäkö:

- Liittykö haasteeseen X tilanteita, joissa voisi olla tarpeen lisätä työmaiden tarkkailua kameroiden avulla? Millaisia?
- Mitä objekteja tai toimintaa olisi hyödyllistä tunnistaa tai seurata työympäristössä? Miksi?

Asiantuntijajärjestelmät:

- Liittyykö haasteeseen X tilanteita, joissa olisi tarpeen saada suositus ratkaisusta johonkin tarkasteltavaan ongelmaan? Puhutaan siis tilanteesta, jossa tarkasteltavaan ongelmaan ei ole selkeää yhtä ratkaisua vaan asiantuntemukseen perustuen etsitään erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja. Millaisia?
- Olisiko näissä tilanteissa hyödyllistä, jos erillinen sovellus tai järjestelmä kykenisi tarjoamaan ratkaisuvaihtoehtoja annettujen tietojen perusteella?
- Millaista tietoa tai asiantuntemusta hyödynnetään näissä tilanteissa päätöksenteon tukena?
- Voisiko päätöksentekoa kuvata erilaisten sääntöjen avulla, esimerkiksi JOS tapahtuu näin niin SITTEEN lopputulos olisi tämä? Esim. jos tänään sataa, niin sitten kastun.

Robottiikka:

- Liittyykö haasteeseen X tehtäviä, joissa voisi olla hyödyllistä hyödyntää robottia ihmisen sijasta? Millaisia?

#### **Haastattelun lopetus**

- Onko vielä jotain, mitä haluaisit nostaa esille?
- Onko sinulla ajatuksia, miten tämän haastattelun olisi voinut toteuttaa paremmin?
- Kiitos osallistumisesta haastatteluun.

## LIITE C: HAASTATTELURUNKO – TOINEN HAASTATTELUKIERROS

### Haastattelun aloitus

Haastattelijan ja tutkimuksen esittely, käytännön asioiden läpikäynti: käytettävä aika, tulosten anonyymisyys, hyväksyntä nauhoitukselle

- Haluaisitko tässä aluksi kertoa hieman omasta roolistasi Nesteellä ja millaisia työtehtäviä rooliisi kuuluu?
- Haluaisitko kysyä jotain ennen varsinaisiin haastattelukysymyksiin siirtymistä?

**Ensimmäisenä teemana tässä haastattelussa on keskustella erilaisten tekoälysovellusten käyttöön liittyvistä hyödyistä erilaisissa rooleissa työskentelevien henkilöiden näkökulmasta.** Ensimmäisen haastattelukierroksen perusteella tunnistettiin 10 erilaista sovellusta, joista voitaisiin keskustella nyt yksitellen.

Tekoälysovellus	Sovelluksen kuvaus	Arvio
Sovellus 1: Poikkeamaraportointi- datan tehokkaampi hyödyntäminen	Tapaturmiin ja läheltä piti -tilanteisiin liittyvän datan analysointi erilaisten toistuvien kaavojen löytämiseksi tapausten taustalla ennakoiden toimenpiteiden tunnistamiseksi. Lisäksi poikkeamiin liittyvää tietoa voitaisiin yhdistää ennakoiden mittareiden tuloksiin, esim. turvallisuuskierrosten määriin, sekä työlupiin liittyvään dataan mahdollisten riippuvuussuhteiden havaitsemiseksi.	
Sovellus 2: Vaarojen ennakoiminen tietynlaiseen työtehtävään liittyen	Kun aloitetaan riskien arviointia tietyistä työtehtävistä, voitaisiin ennakoita erilaisia vaaran paikkoja aikaisemman kokemuksen perusteella. Olisi tiedossa mm. millaisia riskejä on aikaisemmin tyypillisesti tunnistettu kyseiseen tehtävään liittyen sekä millaisia poikkeamia työtä suorittaessa on muodostunut. Tämän perusteella sovellus voisi generoida vaarojen suhteen yksityiskohtaisemman arviointilomakkeen tai tsekkilistan arvioinnin ohjaamiseksi. Sovellus voisi analysoida esim. aikaisempia riskien arviointilomakkeita, työlupia, poikkeamaraportteja ja vuoropäiväkirjaan tehtyjä havaintoja.	
Sovellus 3: Mitigointi- tai suojauskeinojen ehdottaminen tietynlaiseen työtehtävään liittyen	Työtehtävästä riippuen minimissään tarvittavien mitigointi -tai suojauskeinojen ehdottaminen tai niihin perustuvan tarkistuslistan luominen erityisesti korkean riskin töille. Sovellus voisi analysoida aikaisempia toimenpiteitä esim. riskien arviointilomakkeista, poikkeamaraportteista sekä hyödyntää erilaisia sääntöjä perustuen turvallisuuden pääsääntöihin, kemikaalien käsittelyyn liittyviin käyttöturvallisuustiedotteisiin sekä asiantuntijoiden tietämykseen.	
Sovellus 4: Työn toteutukseen vaikuttavien ympäristön olosuhteiden ennakoiminen	Työn suorittamiseen vaikuttavien ympäristön olosuhteiden tunnistaminen ja niiden muuttamisen ennakoiminen mittaamalla erilaisia työhygienian liittyviä tekijöitä, säähän liittyviä tekijöitä ja ympäröivän prosessin olosuhteita keräämällä dataa erilaisista lähteistä, esim. prosessinohjausjärjestelmästä.	
Sovellus 5: Työympäristön seuraaminen ja vaaratilanteiden tunnistaminen kameroilla	Kameravalvonnan lisääminen työmailla ja yleisesti jalostamoympäristössä sekä mahdollisista vaaratilanteista hälytyksen muodostaminen. Kameravalvonnalla voitaisiin tunnistaa ja tarkkailla esim. ihmisten määrää ja sijaintia, yksin työskentelyä, korkean riskin töiden suorittamista, ajoneuvojen sijaintia ja määrää, putkilinjoihin liittyviä vuotoja sekä laitteiston mekaanista eheyttä.	
Sovellus 6: Tekstin automaattinen kääntäminen toiselle kielelle aloituslupaa myöntäessä	Aloituslupan myöntämisen yhteydessä voitaisiin kääntää automaattisesti toiselle kielelle riskien arviointiin liittyvä dokumentti, kuten työlupakaavake, tai työntekijän saneluon perustuva teksti. Ex-suojattujen laitteiden avulla tunnistettuja kieliä olisivat erityisesti puola, venäjä ja saksa.	
Sovellus 7: Havainnointikierrosten raportoiminen puheen tunnistusohjelmalla	Sovelluksella voitaisiin kääntää operaattorin puhetta erilaisista turvallisuushavainnoista automaattisesti tekstiksi, joka voidaan tallentaa sovittuun paikkaan vähentäen raportin kirjoittamisen tarvetta.	
Sovellus 8: Erilaisten töiden yhteensovittelun ja	Sovellus ottaisi huomioon, millaisia töitä voidaan tehdä turvallisesti samaan aikaan tietyllä alueella, milloin ja kuinka paljon sekä priorisoi kriittisempiä töitä. Sovellus hyödyntäisi tietoa suunnitelluista töistä, korkean riskin töiden määrästä,	

aikatauluttamisen optimoiminen turvallisuuden varmistamiseksi	käytettävissä olevista valvontaresursseista ja resurssien pätevyydestä. Mikäli tietynlainen määrä korkean riskin töitä on ylittymässä eikä valvontaresurssit tai palokunnan kyky reagoida ole riittävät, ei uutta työtä suunnitella tehtäväksi tietyille hetkelle.	
Sovellus 9: Työympäristöä kuvaavan kokonaisriskitason kuvaaminen ja sen perusteella työluvan hyväksyntätason määrittäminen	Seuraavia asioita olisi tiedossa kullakin hetkellä: työlupien määrä alueittain, työlupien määrä per myöntäjä, millaisia työlupia on myönnetty, meneillään olevat korkean ja matalan riskin työt, millaisia prosessiin liittyviä olosuhteita on tunnistettu ja operaattorivahvuus. Sovellus kuvaa riskitasoa esim. värien avulla ja kun tietynlaisten kriteerien perusteella uuden työluvan myöntäminen nostaa kokonaisriskitason tietyn rajan yli, edellytetään korkeampaa hyväksynnän tasoa tai muuta lisävarmistusta. Sovellus voisi analysoida työlupia, hälytysdataa, poikkeamaraportteja sekä ympäröivään prosessiin liittyvää dataa.	
Sovellus 10: Häätätilanteen yhteydessä jalostamoalueen tehokkaan tyhjentämisen tukeminen	Esim. vuodon yhteydessä ennakoidaan tilanteen kehittymistä ja sen perusteella ohjataan ihmisiä oikeaan suuntaan ja leviämismallin mukaan käytössä oleville ulkokokoontumispaikoille vaikka huomiovalojen avulla. Sovellus hyödyntäisi reaaliaikaista tietoa erityisesti ihmisten sijainnista, tuulen suunnasta ja vuotopaikan sijainnista, joka voi olla poikkeamahavainto vuodosta, sekä leviämismallista ja ulkokokoontumispaikkojen sijainnista.	

- Millaisia vaikutuksia sovelluksella voisi olla riskien arviointiin liittyvissä tehtävissä sinun roolisi näkökulmasta?
- Mitkä ovat keskeisimmät hyödyt sovelluksen X käyttöönotosta sinun roolisi näkökulmasta?
- Kuinka hyödylliseksi arvioisit sovelluksen X asteikolla 1-5, jossa 1 viittaa siihen, että sovellukseen ei liity hyötyjä ja 5 viittaa erittäin hyödylliseen?
- Millaiset tekijät vaikuttivat arvioosi siitä, että koit jonkun sovelluksen hyödylliseksi?

**Toisena teemana tässä haastattelussa on tekoälysovellusten käyttöönottoon vaikuttavien tekijöiden ja niiden asettamien haasteiden tunnistaminen.** Seuraavaksi esitän sinulle erilaisia väitteitä, joita pyytäisin sinua arvioimaan asteikolla 1-5, jolloin 1 on täysin eri mieltä ja 5 täysin samaa mieltä. Väitteiden tarkoituksena on kartoittaa, millaiset tekijät yleisesti vaikuttavat tekoälysovellusten käyttöönottoon turvallisuusjohtamisen kontekstissa tässä organisaatiossa. Sanokhan, mikäli tuntuu, että et pysty arvioimaan jotain tiettyä väitettä perustellusti oman roolisi näkökulmasta.

Väite tekoälyn ominaisuuksiin liittyen	Arvio
1. Tietyissä käyttökohteissa tekoälyn hyödyntämiseen riskien arvioinnissa voidaan liittää suhteellista etua työturvallisuuden kehittämiseksi nykyisiin menetelmiin verrattuna.	
2. Tiedän, mitä tekoälyllä yleisellä tasolla tarkoitetaan ja osaan nimetä joitakin esimerkkejä sen sovelluksista.	
3. Tekoäly tuntuu monimutkaiselta ja tarvitsisin tukea tekoälyn toiminnan ymmärtämiseksi, jos jokin tekoälysovellus otettaisiin käyttöön turvallisuusjohtamisessa.	
4. Tekoäly soveltuu hyvin riskien arviointiin liittyviin tehtäviin turvallisuusjohtamisessa.	
5. Tekoäly soveltuu hyvin jalostamoympäristöön ja sen toiminnan logiikkaan.	
6. Tekoälyn käyttöönottoon liittyy riskejä yksittäisten sovellusten toiminnan hallintaan sekä niiden tuottamien tuloksien validointiin.	
7. Mahdollisuus kokeilla tekoälysovellusten toimivuutta käytännössä ennen virallista käyttöönottoa olisi hyödyllistä organisaatiomme näkökulmasta.	

Väite organisaation ominaisuuksiin liittyen	Arvio
8. Digitalisaatio näkyy hyvin jalostamoympäristössä työturvallisuuden hallintaan liittyvissä tehtävissä ja prosesseissa.	
9. Olemme hyödyntäneet tehokkaasti tietojärjestelmissä olevaa dataa analyysien tekemiseksi työturvallisuuden hallintaan liittyvissä tehtävissä ja prosesseissa.	
10. Meillä on riittävä osaaminen ja ymmärrys data-analytiikasta myös tekoälysovellusten käyttöönottoa tukemaan.	

11. Organisaatiomme johtoporras tukee yleisesti uusien teknologioiden, kuten tekoälyn, mahdollisuuksien kartoittamista ja käyttöönottoa erilaisiin tehtäviin.	
12. Jalostamon työympäristöön liittyen on saatavilla paljon laadukasta dataa riskien arvioinnin tueksi.	
13. Jalostamon työympäristöstä kerätään systemaattisesti reaaliaikaista dataa erityisesti laitteistoon ja ympäristön olosuhteisiin liittyen.	
14. Turvallisuuden hallintaan liittyvän tiedon käsittely ja ylipäättänsä tietojärjestelmien hallinta on systemaattista eikä data ole hajautunut useisiin eri tietojärjestelmiin.	
15. (Joiden tekoälysovellusten hyödyntäminen edellyttää algoritmien opettamista tunnistamaan erilaisia turvallisuuspoikkeamia.) Organisaatiossamme sattuu turvallisuuspoikkeamia niin harvoin, että tekoälysovelluksen opettaminen niiden tunnistamiseksi voi olla haasteellista.	
16. Uskon, että organisaatiossamme on riittävää IT-asiantuntijuutta yleisesti uusien tietokoneohjelmien kehittämiseksi sekä integroimiseksi osaksi nykyistä tietojärjestelmien muodostamaa kokonaisuutta.	
17. On selkeää, mitä tekoälyn hyödyntämisellä tavoiteltaisiin turvallisuusjohtamisessa ja miten tämä edistää yrityksen laajempien strategisten tavoitteiden saavuttamista.	
18. Meillä on riittävä liiketoimintaan ja toimialaan liittyvä osaaminen erilaisten tekoälysovellusten käyttöönoton ja sen tarpeellisuuden arvioimiseksi.	
19. Organisaatiokulttuurimme on avoin ja vastaanottava uusien teknologioiden ja toimintatapojen käyttöönotolle.	
20. Jalostamoympäristössä erilaisten tuotantoon ja turvallisuuden hallintaan liittyvien tiimien välillä jaetaan tehokkaasti tietoa ja kokemuksia toimintatapoihin ja prosesseihin liittyvistä muutoksista.	
21. Turvallisuuskulttuurimme tukee uusien teknologioiden käyttöönottoa jalostamalla työturvallisuuden hallintaan liittyvissä tehtävissä ja prosesseissa.	

Väite ulkoisen toimintaympäristön ominaisuuksiin liittyen	Arvio
22. Tekoälysovellusten käyttöönottoon turvallisuusjohtamisessa liittyy haasteita esim. toimialaan ja datan käsittelyyn liittyvän lainsäädännön huomioimisen kannalta.	
23. Organisaatioomme kohdistuu paineita tekoälyn käyttöönottamiseksi organisaation toimintaympäristöstä.	

Väite johtoportaan ominaisuuksiin liittyen	Arvio
24. Organisaatiomme johtoportaan suhtautuminen uusiin teknologioihin, kuten tekoälyyn, on myönteistä ja rohkaisevaa.	
25. Uskon, että organisaatiomme johtoporras ymmärtää, mitä tekoälyllä tarkoitetaan ja millaisia teknologioita siihen liittyy.	

- Voisitko kertoa, millaiset asiat vaikuttivat siihen, että arvioit väitteen X numerolla Y?
- Tuleeko sinulle mieleen muita tekijöitä aikaisemmin keskustellun lisäksi, jotka voisivat vaikuttaa tekoälyn käyttöönottoon turvallisuusjohtamisessa?
- Edellä mainittujen tekijöiden perusteella, mitkä koet kaikista keskeisimmiksi haasteiksi tekoälyn käyttöönottamiseksi turvallisuusjohtamisessa?
- Millaiseksi koet ylipäättään organisaation valmiuden hyödyntää tekoälyä turvallisuusjohtamisessa jalostamoympäristössä?

#### Haastattelun lopetus

- Onko vielä jotain, mitä haluaisit nostaa esille?
- Onko sinulla ajatuksia, miten tämän haastattelun olisi voinut toteuttaa paremmin?
- Kiitos osallistumisesta haastatteluun.